Der Löß als fluviatile und äolische Bildung.

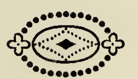
Inaugural-Dissertation
verfaßt und der Hohen Philosophischen Fakultät
der K. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt am 25. Februar 1914

von

Pius Brack

aus Reicholzried.



Druck von Müller & Sigler, Buchdruckerei, Memmingen
1914.

Referent: Prof. Dr. Fritz Regel.

Lebenslauf.

Am 29. Januar 1873 zu Reicholzried geboren, katholischer Konfession, kam ich mit dem 13. Lebensjahr an das humanistische Gymnasium in Kempten, welches ich im Sommer 1895 absolvierte. Im folgenden Wintersemester bezog ich die Universität München als Studierender der Realien und besuchte die Vorlesungen von den Professoren Heigel, Munker, Iwan von Müller und Ranke. Vom Wintersemester 1896 bis zum Schluß des Sommersemesters 1900 war ich in der Allgemeinen Abteilung der Technischen Hochschule München immatrikuliert und besuchte die Vorlesungen von den Professoren Günther, Herz und Du Moulin-Eckart. Im Oktober 1900 unterzog ich mich der ersten (Haupt) Prüfung für den Unterricht in der deutschen Sprache, der Geschichte und der Geographie an technischen Mittelschulen. Nach vorübergehender Lehrtätigkeit in Wiesbaden, München und Erding kam ich im September 1907 als Assistent an die K. Realschule Memmingen. Am 1. Januar 1909 wurde ich an der gleichen Anstalt zum Reallehrer befördert, in welcher Stellung ich noch bin. Im Oktober 1913 unterzog ich mich der besonderen (II.) Prüfung in den Realien.

Die mündliche Prüfung für das Doktorexamen fand am 15. Mai 1914 statt.

Allüberall auf der Erde wechseln schroffe Felsenhöhen mit anmutigen Wald- und Wiesengründen, fruchtbare, reich bevölkerte Niederungen mit öden Sandheiden und Mooren, einförmige, waldbedeckte Hochflächen mit lieblichen Tälern, in denen Früchte jeglicher Art gedeihen. Diese Verschiedenartigkeit und der bunte Wechsel beruht auf dem geologischen Aufbau der Ländermassen. Daß dabei alle möglichen Faktoren mitgespielt haben, daß Verwitterung und Klima, Menschen und Tiere ihr Wesentliches beigetragen haben, lehrt uns die fortschreitende Wissenschaft der Geologie. Sie hat es sich zur Aufgabe gemacht, von den Entstehungen, den Eigenschaften und Umbildungen des Bodens ein aufklärendes Bild zu geben und alle Vorkommnisse auf diesem Gebiet nach ihrem Ursprung zu verfolgen. So ist es also ein Verdienst dieser Wissenschaft, daß wir jetzt eine genügende Aufklärung über Vorgänge in der Natur und Zusammensetzung der Erdoberfläche besitzen. Daß dabei die einzelnen Bodenarten nach ihrer Entstehung und allmählichen Um- und Weiterbildung eine durch und durch wissenschaftliche Behandlung erfahren haben, zeigen die vielen Arbeiten auf diesem Gebiete. Wenn auch manchmal die Ansichten sich gegenüberstehen, so ist doch das eine erreicht, daß dieser Stoff nach verschiedenen Gesichtspunkten eingehend behandelt ist. „Die Hauptbodenarten [1]), die wir in Mitteleuropa unterscheiden, sind Stein-, Sand-, Lehm-, Ton- und Humusböden. Sie geben auch für andere Gegenden einen Anhalt, da sie mit Ausnahme der Humusböden wesentlich Unterschiede der Böden in Bezug auf Korngrößen zum Ausdruck bringen." Daneben haben sich vielfach auch kleinere oder größere Gebiete noch eigene Bezeichnungen beigelegt, z. B. Podsol (Mergelsand in Nord- und Mittelrußland) Flottlehm (im Heidegebiet Hannover), Heidelehm (in Schleswig-Holstein), Hasselboden (für eine Form der Kalkböden Mitteldeutschlands), Schwarzerde (Tschernosem) und Löß. Letztere Bodenart ist so weit verbreitet, daß es sich lohnen dürfte, auf ihre Verbreitung, Bedeutung und vor allem ihre Entstehung näher einzugehen, nachdem gerade in den letzten Jahrzehnten sich eine Reihe von Geologen und Geographen mit diesem Boden beschäftigt haben.

„Der Löß [2]) — Der Name stammt wahrscheinlich aus dem oberrheinischen Sprachsatz und bedeutet: „lose, locker", — ist ein ungeschichtetes, nur gelegentlich durch Absonderung bankförmig ausgebildetes, steinfreies, tonarmes, sehr feinsandiges Gestein, dessen

1) E. Ramann, Bodenkunde, Berlin 1905, S. 397.

2) E. Ramann, Bodenkunde, Berlin 1911, S. 174.

Korngröße sehr einheitlich ist. Partikel von über 0,05 mm Durchmesser sind in nur wenigen (2—4) Prozenten vorhanden, den Hauptbestandteil, über 90 %, machen Körner aus, die einen Durchmesser von weniger als 0,05 mm und mehr als 0,01 mm betragen.“ Nach Sachsee beträgt die Korngröße aus 26 verschiedenen sächsischen Lößproben 0,0—0,05 mm, nach Wahnschaffe 0,01—0,05 und 0,1—1 mm und nach Jentzsch, der vielleicht zuerst die Korngröße berücksichtigte, 0,02—0,04 mm. Auf jeden Fall kann die Korngröße des Lösses nicht von großem Einfluß sein, sondern charakterisiert eben den Löß nur als Feinerde. Der Löß ist bis in große Tiefen porös. Diese große Porosität[1]) verleiht dem Löß Eigenschaften, die ihn besonders als Kulturboden für die Landwirtschaft bedeutsam machen. Das Regenwasser wird von ihm sofort aufgesogen. Nirgends bleibt dasselbe auf unverändertem Lößboden in Form von kleinen Tümpeln liegen, wohl aber da, wo die poröse Struktur zerstört worden ist, wie z. B. an viel begangenen Feldwegen, welche darum auch nach starken Niederschlägen sich in einem trostlosen Zustande befinden.“ Die Porosität — eine charakteristische Eigenschaft des Lösses — erklärt auch die bequeme Schlämmung, die Bildung von sogenannten Gassen (Oberrhein) oder Hohlwegen durch Regen und von senkrechten Abstürzen, wo er mächtig entwickelt ist, in der relativ trockenen Jahreszeit.

Diese Hohlwege, welche nur am Abhang der Hügel sich finden, sind wohl zum kleinsten Teil von Menschenhand geschaffen worden. Der Fuß des Menschen, der Tritt der Haustiere, die Räder der Wagen zerstören, stets dieselben Stellen berührend, das Gefüge des Lösses und machen ihn für das Wasser weniger leicht durchlässig. Durch Regengüsse wird der lose Staub hinweggeschwemmt, das rinnende Wasser gräbt sich an einzelnen Stellen tiefer ein als an anderen; die entstandenen Unebenheiten werden durch das Begehen wieder gelockert und dann wieder fortgeschwemmt, und so wird im Laufe der Jahrhunderte der Weg tiefer und tiefer, ohne sich erheblich zu erweitern. Vermöge der mit der großen Porosität zusammenhängenden Kapillarität des Lösses fließt nicht alles Wasser rasch in demselben in die Tiefe, wird aber auch nicht leicht wieder an die trockene Luft abgegeben, wie es z. B. beim Kiesboden der Fall ist. Die Erde bleibt längere Zeit feucht und liefert auch bei trockener Witterung den Wurzeln der Pflanzen das nötige Wasser, da es bei Eintritt der Dürre durch den Löß in die Höhe zu steigen bestrebt ist. Gerade also die Kapillarität verleiht dem Löß die Eigenschaft, den Boden zu einem fruchtbaren zu gestalten. In Bezug auf die chemische Zusammensetzung ist vor allem erwähnenswert der größere oder geringere Gehalt von Kalk (Calciumcarbonat). Der Unterschied des beigemengten Kalkes schwankt zwischen 25—30 %. Dieser Kalk tritt auf teils als Überzug der Hohlräume, die auf jeden Fall von Pflanzen herrühren, und als Umhüllung

1) A. Gutzwiller, Der Löß. (Wissenschaftliche Beilage zum Bericht der Realschule zu Basel 1893/94, S. 2).

der Sandkörnchen, teils auch als eigentümliche Bildungen, den Lößmännchen, Lößkindeln und ähnlichen Gebilden. A. Gutzwiller[1]) nimmt an, daß diese Lößkindchen nachträgliche, erst seit der Ablagerung des Lösses entstandene und nicht etwa eingeschwemmte Bildungen sind. Ihre stets vertikale Stellung im unveränderten Löß, welche besonders bei den zapfenartigen Formen auffallend ist, sowie die eingeschlossenen Schneckenschalen, welche oft mit dem einen Teil unversehrt und unverletzt hervorragen, sprechen deutlich dafür. Wir finden auch Lößkindchen in größerer Tiefe; denn das von der Oberfläche her eindringende Wasser nimmt in der Humusdecke oder Ackererde Kohlensäure auf, löst in den Löß eindringend die in feinster Verteilung sich darin befindenden Karbonate von Kalk, führt dieselben weiter in die Tiefe, um sie dort in Form von Konkretionen auszuscheiden. Ferner finden sich im Löß Körnchen von Quarz, denen oft in nicht unerheblicher Menge Feldspat, Hornblendekörnchen und Glimmerplättchen beigemengt sind. Häufig trifft man eine ziemlich erhebliche Menge von Kieselerde; eine geringere Menge von Tonerde, noch weniger Eisen, Magnesia, Kali, Natron, Phosphorsäure und organische Substanzen.

Im Löß treten endlich zahlreiche tierische Überreste, wie Knochen von Säugetieren, Schalen von Landschnecken, sehr selten von Muscheln auf. Bis jetzt hat man Knochen und Zähne von Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus (dicht behaarter Vielhufer), dann Bos priscus, ferner Servus, Equus, u. s. w. gefunden. Drei Arten von Landkonchylien kommen in solcher Menge und Verbreitung vor, daß sie die Rolle von Leitfossilien spielen. Die am häufigsten vorkommenden Arten sind die kleine Pupa muscorum, die unserer Weinbergschnecke nahestehende Helix hispida und eine Art der Bernsteinschnecke, nämlich Succinea oblonga [2]). Die Zahl der im Löß vorkommenden Arten von solchen Landschnecken ist nicht überall dieselbe. Während an einzelnen Stellen gewisse Arten recht häufig sind, finden sie sich an anderen, oft ganz benachbarten, sehr selten oder sie fehlen gänzlich.

Die Farbe des Lösses in frischem Zustande ist hellgelblich, was wahrscheinlich auf die Oxydation des darin enthaltenen Eisens zurückzuführen ist. Durch Verwitterung wird der Löß bräunlich gelb und verliert seinen Kalkgehalt teilweise oder ganz und verwandelt sich in Lößlehm. Streng genommen ist es nicht richtig, den Löß als Lehm zu bezeichnen, da er eben zu kalkhaltig ist. Nur die obersten Lagen, deren kalkige Bestandteile das Regenwasser aufgelöst und fortgeführt hat, sind lehmartig. Auf den Unterschied von Löß und Lehm wird später noch zurückzukommen sein.

1) A. Gutzwiller, Der Löß. Basel 1893/94, S. 6.

2) E. Fraas, Der Petrofaktensammler, Stuttgart 1900, S. 218.
Anm.: Es möge erwähnt sein, daß man diese zierlichen kleinen Schneckchen hauptsächlich durch Schlämmen bekommt, wobei die in der Regel mit Luft gefüllten Schälchen auf dem Wasser schwimmen und abgefischt werden können.

Ganz[1]) eigenartig sind die Lagerungsverhältnisse des Lösses. Vollständig unabhängig vom Untergrund legt er sich bald als zusammenhängende Decke über Ebene, Tal und Berg, bald klebt er nur hier und da an den Gehängen wie hingewehter Flugsand. Oft erscheint er auch ganz unvermittelt auf irgend einer Terrasse, während man ihn darüber und darunter vergeblich sucht, ja vereinzelte Lößflecken kommen in den Mittelgebirgen bis zu 400 m Meereshöhe vor. Seine Verbreitung erkennt man am besten an dem dunklen, humusreichen Boden, den er oft, aber nicht immer, bildet, an dem gänzlichen Fehlen von Steinen und an der äußerst charakteristischen Steilheit der Wände der in ihnen eingeschnittenen Hohlwege und Wasserrisse.

Je nach seiner Lage unterscheidet man deshalb auch verschiedene Arten von Löß. Ramann spricht von typischem Löß, das ist der eigentliche, reine Löß, von dem später im allgemeinen die Rede sein dürfte, dann vom Sumpflöß, Absatz in Tieflagen, die Wasser führten oder zeitweise unter Wasser standen, und von Gehängelöß, der sich an Hängen absetzte und durch Abspülung umgelagert wurde.

Schuhmacher[2]) unterscheidet:

1. Unterer, alter, echter Löß.
2. Sandlöß, unechter Löß.
3. Oberer, junger, ebenfalls echter Löß.

Im Folgenden kann natürlich in den meisten Fällen nur vom typischen Löß die Rede sein, da die charakteristischen Eigenschaften nur für den typischen Löß zutreffen und die andern Gemengteile unabhängig vom Löß dazu gekommen sein können.

Unsere Kenntnis des Lösses ist bekanntlich von den Gebieten des Rheintales ausgegangen. Auf der 20. Naturforscherversammlung zu Mainz 1842 hat zum erstenmal Alexander Braun[3]) eine wissenschaftliche, exakte Untersuchung des Rheinlösses bekannt gegeben und darauf hingewiesen, daß die denselben charakterisierenden Einschlüsse von Schnecken ausschließlich nur Gehäuse von Landschnecken darstellten. Man bemühte sich natürlich die Entstehung dieses Lösses zu erklären, indem man ihn bald als Gletscherschlamm bald als eine Hochwasserbildung des Rheines bald als den Absatz eines aufgestauten Binnensees auffaßte. Später sah man ein, daß der Löß keineswegs auf das Rheintal beschränkt sei, sondern in ganz Mitteleuropa eine weite Verbreitung habe, sowie daß außer dem typischen Löß eine Menge von lößähnlichen Ablagerungen vorhanden seien. Diese Funde beschränkten sich vorerst auf Gebiete innerhalb der gemäßigten Zone. Erst durch

1) R. Lindemann, Die Erde, Stuttgart 1912, S. 329.

2) E. Schuhmacher, Die Bildung und der Aufbau des oberrheinischen Tieflandes. (Mitt. d. K. f. geologische Landesuntersuchungsanstalt f. Elsaß-Lothringen, Bd. II, 1889—1890.)

3) A. Braun, Molluskenfauna des Rheintales, Mainz 1842, S. 142.

F. v. Richthofens Aufsehen erregende Lößtheorie wurden die gewaltigen Bildungen in China, auf den Prärien des Missouri—Mississippi, an dem Ostfuß der Anden und an andern Orten in gewaltigen Schichten wahrgenommen. Heute findet sich nachgewiesener Maßen Löß im oberrheinischen Gebiet, am Südrand des Norddeutschen Flachlandes, in Oberösterreich, Mähren und an zahlreichen Orten Mitteleuropas. Er kommt genau in derselben Weise am Südrand der Alpen, in Niederbayern, am Main und an andern Plätzen vor und ist im osteuropäischen Flachland, wo er sich vielfach dem Humus beigemengt hat, weitaus am verbreitetsten. Allüberall aber, wo man ihn antrifft, hat er eine hohe Bedeutung für die Besiedelungs- und Wirtschaftsverhältnisse der Bewohner gehabt und hat es heute noch dank der intensiven Nachhilfe seitens derjenigen Körperschaften, die ein offenes Auge für das Wohl und Weh der Landwirtschaft treibenden Bevölkerung haben. Der Löß hat vor allem eine hohe Wichtigkeit für die Fruchtbarkeit des Bodens, die, wie oben erwähnt, sich leicht und ohne große Kosten noch steigern läßt. Er bildet durch seine Feinheit, seinen Kalkgehalt, sowie durch die von ihm gebildeten, sanft geformten Hügel einen geeigneten Boden für Getreide-, Wein- und Feldbau.

Nachdem also der Löß einen so wichtigen Faktor im Wirtschaftsleben der Menschen bildet, erscheint es angebracht zu untersuchen, wie eigentlich diese Bodenart an ihre jetzige Stelle gekommen ist. Diese Frage ist bereits soviel umstritten, daß wir seit 1878, seitdem F. v. Richthofen mit seiner Theorie auftrat, eine Lößfrage haben, daß seit dieser Zeit bereits eine reichhaltige Literatur vorhanden ist, in der Naturforscher und Geologen ihre Ansicht zu vertreten suchen. Seit F. v. Richthofen stehen sich also zwei wissenschaftliche Anschauungen schroff und unvermittelt gegenüber, die ältere fluviatile und die jüngere äolische, von denen natürlich jede in ihrem Sinne die Frage beantwortet: Ist der Löß zusammengeweht oder zusammengeschwemmt?

Bevor wir jedoch zur eigentlichen Entstehung Stellung nehmen, darf ein Faktor nicht unerwähnt bleiben, nämlich das Alter des Lösses.

Meiner Ansicht nach sind Alter und Entstehung so eng mit einander verknüpft, daß keines ohne das andere richtig behandelt werden kann. Ja gerade die Anhänger der fluviatilen Entstehung führen das Alter als einen Hauptgrund für ihre Ansicht ins Feld. Von denjenigen Geologen, die auch mit dem Alter des Lösses sich eingehend beschäftigt haben, sind es vor allem A. Penck und E. Brückner, die in ihrem großen Werke: „Die Alpen im Eiszeitalter“ [1]) auch auf das Alter zu sprechen kommen und folgenden Schluß ziehen: Alle Ablagerungen, die älter sind als die Niederterrassenschotter, sind unter Lagen von Löß und Lehm verborgen und nur gelegentlich darunter sichtbar.

1. A. Penck und E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1901 — 1907, S. 453.

Lößablagerungen fallen also nach der Bildung von Schotter und Geröllterrassen in die Eiszeit, in die Diluvialperiode. Auch F. Wahnschaffe [1]), der vor allem den Löß Norddeutschlands genau studiert und untersucht hat, erwähnt das Alter und verlegt es in die Zeit der beginnenden Abschmelzung des letzten Innenlandeises; er nennt ihn mit andern Geologen den Niederschlag aus der Gletschermilch. A. Nehring läßt sich ebenfalls in seinem interessanten Werke: „Über Tundren und Steppen“ [2]) über das Alter des Lösses aus und nimmt an, daß kein zwingender Grund vorhanden ist, alle Lößablagerungen und lößähnlichen Bildungen Mitteleuropas für völlig gleichaltrig zu halten. Sie scheinen nach seiner Ansicht allerdings sämtlich (abgesehen von sekundären, neuerdings umgelagerten Bildungen dieser Art) nach der großen Eiszeit und vor Beginn der Alluvialperiode entstanden zu sein; doch bleibt innerhalb dieses Ganzen ein großer Spielraum, der nach vielen Jahrtausenden zählt und offenbar mehrfache klimatische Schwankungen mit sich führt. Nehring meint auch, daß die Geologen, die bei ihrem Studium meistens von den älteren, marinen, auf weite Strecken gleichaltrig gebildeten Ablagerungen ausgehen, allzusehr geneigt sind, auch die Ablagerungen der Diluvialperiode nach den ihnen gewohnten Anschauungen zu beurteilen; daher möchten die meisten von ihnen auch alle Lößablagerungen auf eine einheitliche Ursache zurückführen, sie auf eine bestimmte Epoche beschränken. Von den modernen Geologen sagt Lindemann in seinem Werke: „Die Erde“ [3]) über das geologische Alter des Lösses, daß er unzweifelhaft aus den späteren Abschnitten der Diluvialzeit stammt, ja daß die Hauptmasse erst nach dem Abschmelzen der letzten großen Binneneisdecke entstanden ist, also in einem Zeitalter, das schon den Übergang zur geologischen Gegenwart bildet. Wir sehen also, daß auch in dieser Frage die Ansichten noch auseinander gehen, daß man aber jetzt größtenteils den Ursprung des Lösses in die Diluvialzeit verlegt. Allerdings schien die enge Verknüpfung der Lößlandschaften mit dem Abschmelzen der Eismassen, mit den diluvialen Tälern, der Entstehung durch Anschwemmung von Anfang an günstig zu sein. Deshalb bemühte man sich die Entstehung durch eine außerordentliche Hochflut der Ströme zu deuten. Nach dieser sogenannten Hochfluttheorie wäre der Löß ein vom fließenden Wasser abgespülter Moränenschlamm, der von öfter wiederkehrenden Hochwassern abgesetzt wurde. Diese Hochfluten könnten entweder durch Ansammlung von Treibeis oder Geröllmassen an oder in den Tälern der Flüsse, also durch vorübergehende oder teilweise Verstopfung des Abflusses durch Gebirge, wie z. B. beim Rheinlöß das Schiefer-

1) F. Wahnschaffe, Quartärbildungen der Umgebung von Magdeburg, (Berlin 1885, B. d. VII, Heft 1, S. 70.)

2) A. Nehring, Über Tundren und Steppen der Jetzt- und Vorzeit, Berlin 1890. (Die Entstehung des Lösses und lößähnlicher Ablagerungen in Mitteleuropa.)

3) R. Lindemann, Die Erde. Stuttgart 1912, S. 329.

gebirge, wodurch eine Rückstauung hervorgerufen worden wäre, entstanden sein oder sie könnten durch die einen Teil der heutigen Nordsee erfüllende Landmasse hervorgerufen worden sein. Das würde eine vollständige Gleichaltrigkeit der vielfach angenommenen Lößarten zur Voraussetzung haben. Es bliebe allerdings unerklärt oder doch sehr schwer zu begründen, wie der Löß in so mächtigen Massen in beträchtlichen Höhenlagen über dem benachbarten Wasserlauf sich findet. Wenn aber auch eine solche Bildungsweise immerhin noch möglich wäre, so ist das Bedenken ausschlaggebend, daß die im Löß gefundenen Einschlüsse von tierischen Überresten keine Veranlassung geben, die Entstehung des Lösses in eine sehr strenge Klimaperiode, die ohne Zweifel damals geherrscht haben müßte, zu verlegen. Neben A. Sandberger[1]) und F. Wahnschaffe[2]) ist es vor allem W. v. Gümbel, der für die bayerischen Verhältnisse sich dieser Theorie anschließt: „Obgleich[3]) der Löß durch seine lockere Beschaffenheit und Weichheit besonders charakteristisch ist, bleibt er doch an Einschnitten von Hohlwegen oder Steilgehängen in fast senkrechten Wänden stehen, an denen sich nun infolge des Frostes viefach dünne Schalen radial abblättern. Trotz dieser hohen und zahlreichen Aufschlüsse bemerkt man nirgends an der vielfach wechselnden helleren oder trüberen Färbung oder an den gleichfalls nicht selten eingeschalteten Sandstreifen und Geröllzwischenlagen eine andere als horizontale, schichtenmäßige Anordnung, wie jene bogenartig gekrümmte Streifung, wie sie bei Übergußbildungen durch Windwehen, z. B. bei Dünen, durchweg herrscht. Dazu kommt, daß zuweilen auch selbst größere Gerölle schichtenmäßig im Löß eingebettet sind und daß selbst in der Verteilung der eingeschlossenen Schneckenschalen eine horizontale Ausbreitung derselben auf ebener, gleicher Lage sich beobachten läßt. Dies alles spricht für die Annahme, daß der Löß einen Absatz aus mächtigen Wasserfluten darstellt, die mit der großartigen Schnee- und Gletscherschmelze der Alpen zur Glazialzeit im innigsten Zusammenhang stehen."

Während auf W. v. Gümbel später noch bei Behandlung der Lößverhältnisse südlich der Donau zurückzukommen ist, sei noch die Ansicht Wahnschaffes, der schon zum Alter des Lösses Stellung genommen hat, erwähnt. Der Bördelöß[4]) wird, trotzdem er vollkommen ungeschichtet ist (Schichtung ist nur bei stetiger Änderung der Stromgeschwindigkeit möglich) als fluviatile Ablagerung betrachtet und zwar aus drei Gründen:

1. wegen seiner gleichmäßigen Ausbildung trotz großer Mannig-

1) A. Standberger, Verh. der phys. med. Gesellschaft zu Würzburg 1880, (Bd. XIV, S. 125 u. f.)

2) F. Wahnschaffe, Lößartige Bildungen am Rande des Norddeutschen Flachlandes, [Zeitschrift der deutsch. Geolog. Gesellschaft 1886, 38. Bd., S. 353.]

3) W. v. Gümbel, Geologie v. Bayern, [Bd. II., S. 1050 u. f.]

4) Siehe Fußnote 1, S. 6.

faltigkeit in der Gesteinsbeschaffenheit der näheren und weiteren Umgegend;

2. wegen seiner gleichmäßigen Mächtigkeit;
3. weil er nach unten nicht Vertiefungen ausfüllt, sondern mit einer ebenen Fläche abschneidet.

Wahnschaffe nimmt an, daß die Schmelzgewässer eines im Norden sich befindlichen Binnensees mit den vom Mittelgebirge herabkommenden Flüssen zu einer nach Westen strömenden Hochflut sich vereinigten und in geschützteren Buchten den Löß ablagerten. Als Beispiel ungeschichteter Flußabsätze führt er den Schlick des alten Elbetales an. Das Vorherrschen der Landschnecken im Löß erklärt er mit dem Hinweis auf den Hochflutschlamm des Mains vom 19. Februar 1876, der ebenfalls in Folge Abschwemmung fast nur Landschnecken enthielt. Ist aber die Vorstellung von Hochfluten mit der Voraussetzung einer konstanten Stromgeschwindigkeit, welche zur Erklärung der ungeschichteten Lagerung notwendig ist, verträglich? Davon später. Auch A. Leppla, [1]) der im ganzen Lautertal und in der Gegend von Enkenbach, Münchweiler und im oberen Hochspeiertal lößähnliche Gebilde beobachtete, kommt zu dem Resultat, daß diese Lößablagerungen aus dem Rheintal stammen. Da er aber sonst westlich des Lautertales nirgends lößähnliche Gebilde fand, liegt für ihn die Annahme einer Verbindung dieses Gebietes durch einen Seitenarm der durch das Rheinische Schiefergebirge im Mainzer Becken durch Hochfluten gestauten Rheinströmung längs der Einsenkung Göllheim—Langweil—Moorlautern nahe. Dieser hypothetische Seitenarm mußte alsdann seinen Weg durch das Lautertal nach dem Glan und der Nahe genommen haben. In der Tat tragen auch alte Talstufen der Lauter lößähnliche Absätze. Wenn man auch zugeben kann, daß der Rhein einst große Hochfluten hatte, so ist es doch fast vollständig ausgeschlossen, daß Wasserablagerungen an solchen Stellen, so hoch an den Gehängen der Täler, den Löß abgesetzt haben.

Nimmt man aber an, daß der Löß aus der sich niedergeschlagenen Schlammtrübe entstand, die, wenn sie trocken war, der Wind hoch an die Gehänge der Täler hinaufwirbelte, so kann man sich die Ablagerung an so hohen Talgehängen erklären. Gegen die von W. v. Gümbel, A. Leppla, F. Wahnschaffe und anderen Forschern angeführte Entstehung des Lösses durch Hochfluten erheben sich wichtige Bedenken und hat es an Gegenbeweisen nicht gefehlt. Vor allem war es A. Sauer,[2]) der der Hochfluttheorie energisch zu Leibe ging. Er geht von der ungleichen Verteilung der Mollusken- und Säugetierfauna im Löß aus, die bei Hochfluten doch eine mehr gleichmäßige

1) A. Leppla, Zur Lößfrage, (München, geognost. Jahrbuch 1889, S. 176 und N. J. 1880, Band II., S. 193).

2) A. Sauer, über die äolische Entstehung des Lösses am Rande der Norddeutschen Tiefebene. (Separatabdruck a. d. Zeitschrift f. Naturf., Halle 1889, Bd. 62.)

Verteilung mit sich gebracht hätte. Er betont, daß die drei charakteristischen Schnecken, Helix hispida, Pupa muscorum und Succinea oblonga nicht immer zusammen auftreten, daß vielmehr manchmal auf 1 km Pupa und Helix fehlen oder wieder mit Pupa nur eine kleine Art Succinea vorkommt. Auch E. Tietze[1]) suchte in der Umgegend von Lemberg oft vergebens nach Schnecken, andere Stellen waren wieder ganz erfüllt davon. Frappante Beispiele gibt Gutzwiller[2]), der in den obersten Schichten von Wyhlen im Berner Löß nur ein Stück Succinea oblonga, dagegen Pupa muscorum bis 5 m Tiefe fand. In Widerspruch gerät ferner die Hochfluttheorie noch mit der einseitigen Verbreitung des Lösses an bestimmten Gehängen. In einem welligen Hügelland findet sich häufig Löß im Lee der vorherrschenden Windrichtung und fehlt fast vollständig im Luv.

Gute Belege bringen dafür E. Tietze aus der Umgebung von Lemberg, Mähren, Ungarn und Schlesien, A. Makowsky[3]) von Brünn in Mähren. Ungünstig für die Hochfluttheorie ist auch das unvermittelte Vorkommen von schüttigem Löß innerhalb eckigem, nicht gerolltem Felsschutt. Im Erläuterungsheft zum Blatt Meissen Nr. 48 der Geologischen Karte von Sachsen 1889, (Tafel I., Fig. 8) gibt A. Sauer ein schönes Beispiel.

Wie wir also jetzt wissen, sprechen gegen die Hochfluttheorie eine Reihe von wichtigen Gründen, wenn auch nicht außer acht zu lassen ist, daß diese Theorie sehr naheliegend ist und gewiß viel für sich hat. Da aber viele Forscher stichhaltige Einwände dagegen ins Feld führten, ging man auf die Suche nach einer anderen, der früheren verwandten Entstehungsursache und kam auf das Glazialphänomen, an abgesperrte und mit Schlamm erfüllte Schmelzwasserseen, da doch der Löß so innig mit glazialen Ablagerungen verbunden gedacht wurde. Diese sogenannte Seentheorie hat vor allem Anwendung auf den Rheinlöß gefunden. Für die menschliche Phantasie war es naheliegend, sich die allseitig umrahmte Ebene noch in später Zeit als einen See vorzustellen und auch die Volkssage hat sich dieser Vorstellung bemächtigt. So ist es auch erklärlich, daß man auf der Suche nach der Entstehungsweise des Lösses im Rheingebiet einen großen See entstehen ließ, der nach seinem Abfluß nach Norden den Löß zurückließ. Beim Studium des Lösses bei Straßburg hat man die Wahrnehmung gemacht, daß große Massen von Löß am Fuße der Vogesen auf der einen Seite der Rheinebene und gegenüberliegend am Fuße des Schwarzwaldes auf der anderen Seite gefunden wurden.

1) E. Tietze, Jahrbuch der k. k. geolog. R. A., Wien 1882, Bd. 32, S. 113 u. 126—132.

2) A. Gutzwiller, Die Diluvialbildungen der Umgegend von Basel. (Verh. der naturf. Gesellschaft in Zürich, 1894, Bd. 10, S. 636—682.)

3) A. Makowsky, Verh. des naturwissenschaftlichen Vereins in Brünn, Bd. 26, S. 213.

Um die Lößbildung, die nach ihrer Meinung nur bis Mainz reicht, zu erklären, nimmt man an, daß das ganze Rheintal bis Mainz (einschließlich der Neckar- und Maintäler als Buchten) ein großer See war, in dem sich Lehm absetzte, der dann nach Bildung einer Schlucht zwischen Bingen und Bonn als Löß zurückblieb. Diese Erklärung kann aber nicht als genügend erachtet werden; denn zwischen Bingen und Neuwied finden wir die gleichen Lößablagerungen in so beträchtlicher Höhe über dem Rhein, daß wir uns noch einen zweiten oder den großen See weit über Andernach hinausreichend denken müßten. Da ferner der Löß bis Köln reicht, wäre es notwendig, daß im flachen Land ein Damm gewesen wäre, der einen großen See bis hinauf zum Bodensee gestaut hätte. Daran ist aber nicht zum mindesten zu denken. Gegen einen plötzlichen Durchbruch des Bodensees und Rheines spricht sich schon G. Bischoff[1]) aus. Gewaltsame Ereignisse, wie ein plötzlicher Durchbruch des Bodensees, können nach seiner Ansicht den Absatz des im ganzen Rheintal in mächtigen Lagern vorkommenden Lösses nicht erklären. Eine solche zum plötzlichen Durchbruch gekommene Wassermasse würde nur ungefähr dreimal soviel betragen haben, als der Rhein in einem Jahr bei Basel vorbeiführt. Natürlich eine geringe Wassermenge! Wäre sie nun noch so sehr mit schwebenden Bestandteilen beladen gewesen, so würden ihre Absätze doch kaum in Vergleich kommen mit den mächtigen Lößlagern des Rheintales und seiner Anhöhen. Gegen die Ablagerungen des Lösses aus einem diluvialen Rheintalsee spricht nach E. Schuhmacher[2])—, der übrigens die völlige Zurücktretung von Schichtung nicht als Beweis gegen Absatz aus Wasser betrachtet, da sich die jungen Schlickabsätze der Flüsse, wie wir diese auch beim Rheinschlamm sehen, häufig ganz ähnlich verhalten; man denke nur an die großen Überschwemmungen — ganz einfach der Umstand, daß die Rheinebene in der Quartärzeit, wenigstens in der Zeit der Lößablagerungen, kein See mehr war. Der Rheindurchbruch durch das Schiefergebirge und damit der Rheinlauf ist nach E. Schuhmacher schon sehr alt, auf jeden Fall viel älter als die Lößablagerungen. Für die norddeutschen Verhältnisse nahmen nun einzelne Forscher ein großes Wasserbecken an. Allerdings lassen diese Forscher es dahingestellt, ob bei der Entstehung des Lösses das Wasser oder der Wind mehr mitgewirkt haben.

Sind aber die Lößabsätze aus Wasser entstanden, dann verlangt wenigstens der Mangel an Schichtung, daß sie als Absätze aus einem einzigen Becken mit stehenden Gewässern angesehen werden müssen, da fließendes Wasser je nach seinem Gefälle und nach seiner mit den Jahreszeiten wechselnden Geschwindigkeit Schichten bilden muß. Die

1) G. Bischoff, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, Bonn 1855.

2) E. Schuhmacher, Die Bildung und der Aufbau des oberrheinischen Tieflandes. [Mitteilungen der Kommission für die Geologische Landesuntersuchung von Elsaß-Lothringen, II. Bd. 1889—90, S. 328.]

Hypothese eines wässerigen Ursprunges verlangt also das einstmalige Vorhandensein eines Wasserbeckens, dessen Nordrand am Rande des Geschiebelehms und dessen Südrand in den Abhängen des Erzgebirges in einer Meereshöhe von etwa 400 m zu suchen wäre. Dieser Auffassung stellen sich aber große Schwierigkeiten entgegen.

Nachdem wir die Gründe für die Hochflut- und Seentheorie auf ein Für und Wider behandelt haben, dürften noch einige andere Ansichten, die mit der fluviatilen Entstehung des Lösses in Zusammenhang stehen, erwähnt werden. Für das Vorkommen des Lösses in den Alpen und am Fuße derselben oder im Norddeutschen Flachland, selbst im Rheintal und in anderen Flußtälern, kommt häufig auch die Entstehung aus dem Gletscherschlamm und der Schlammtrübe in Betracht. So sahen Lyell[1]), der Altmeister der Geologie, und andere Fachgelehrte im süddeudschen Löß den Absatz der Schmelzwasser, die am Schluß der Eiszeit den Alpen entströmten und sich dann vor dem Absatz zu einem Strom vereinigten. Nach Lyells Meinung entstammt der Löß den eiszeitlichen Moränen, deren feinste Bestandteile von den gewaltig angeschwollenen Gletscherbächen ausgewaschen und in die Ebene hinausgespült wurden, wo sie als mächtige Schlammassen zum Absatz kamen. E. Sueß[2]) nun erklärt sich die Entstehung des Lösses auf eine ähnliche Weise. „Wer immer in unseren Hochgebirgen eine Gletschergegend besucht hat, wird die sonst in den Bergen ungewohnte Färbung der Gewässer beobachtet haben. Sie rührt von der fortwährenden, abreibenden, glättenden Wirkung her, welche die Eismassen auf ihr felsiges Bett ausüben, und es ist begreiflich, daß zur Zeit der größten Ausdehnung der Gletscher ganz außerordentliche Mengen von Gestein zu Gletschlamm gerieben wurden und die Abflüsse sehr trüb gewesen sein müssen.“ Auch A. Baltzer[3]) kommt bei seinen Untersuchungen des Lösses im Kanton Bern zu dem Schluß, daß in einem Abschnitt der Gletscherzeit, in dem der Aargletscher Wyl nicht erreichte, ein Flußarm in dieser Gegend vorhanden gewesen sei, der in einer seitlichen, ruhigen Bucht oder Lagune bald weißlichen bald von organischen Substanzen graulich gefärbten Schlamm absetzte. Eine große Zahl von Landschnecken, wie sie an feuchten, waldigen Flußufern in großen Mengen leben, wurden — er legt Gewicht darauf, daß die meisten mit zerbrochenen Schalen vorkommen (nichts besonderes) — nach und nach angeschwemmt und zusammen mit dem Schlamm abgelagert. Später rückten die Gletscher vor und bedeckten den Löß mit eratischem Schutt. Baltzer nimmt also hier die Entstehung aus Gletscherschlamm an und bringt auch die Landschnecken geschickt hinein.

1. Ch. Lyell, Elemente der Geologie, London 1875 [Kap. Löß].

2. E. Sueß, Über Löß (Vortrag gehalten am 12. März 1866, S. 16.) (Schriften zur Verbreitung naturw. Kenntnisse, Wien).

3. A. Baltzer, Über ein Lößvorkommen im Kanton Bern. (Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern 1884—1886, S. 120 u. f.)

Er kann auch nicht einsehen, wie bei dem ungemein welligen Hügelland, dem Mangel größerer, ebener Plateauflächen und der geringen Entblößung des Lösses, an eine andere Entstehung des Lösses zu denken ist.

Baltzer ist nun entgegenzuhalten, daß die Schnecken, wie er selbst zugibt, meist Land- und keine Süßwasserschnecken sind, ja daß nirgends auch nur ein Gemisch von Land- und Süßwasserschneckenformen vorhanden ist. Ferner ist es unerklärlich, wie das breite Auftreten gewisser Lößvorkommnisse bis zu Höhen, die das anstoßende Tal um 200 m überragen, gedacht werden kann, wenn man auch noch zeitweilige Bettüberschreitungen im höchsten Maße annimmt. Dagegen wird man ohne weiteres einräumen müssen, daß außer dem Wind auch das Wasser forttragend und absetzend mitgewirkt hat. Was nun die früher angeführte Entstehung durch Gletscherschlamm betrifft, so kann es solcher sicher nicht gewesen sein, da nicht alle Gletscher auf Kalkstein liegen, der Löß aber im allgemeinen durch Kalkgehalt sich auszeichnet. Übrigens kommt der Kalkschlamm der Alpen auch nicht in die Flüsse, sondern bleibt schon vorher in den Seen und Einbuchtungen liegen. Schließlich ist doch auch der heutige Gletscherschlamm, wie auch der damalige, völlig verschieden vom Löß. Die eigenartige Struktur, sein reicher Gehalt an Überresten landbewohnender Tiere, seine völlige Schichtenlosigkeit sprechen zum mindesten gegen eine Entstehung aus Gletscherschlamm, wie sie Lyell und Sueß annehmen. Ferner kommt dazu die bemerkenswerte Erscheinung, daß der Löß häufig auf engem Raum in sehr verschiedener Höhenlage auftritt. Hätten am Schluß der Eiszeit die Schmelzwasser tatsächlich bis zur Höhe der obersten Lößdecke die Täler und Niederungen bedeckt, so müßte man noch andere Spuren dieser diluvialen Schlammassen finden, was aber nicht der Fall ist.

Andere Forscher nun führen den Löß auf Anschwemmung der Flüsse zurück, wie z. B. A. Röthe [1]), der für die den kristallinischen Felsarten aufliegenden gelben Tonarten (Lößlehm) im Ries Anschwemmung annimmt. Wieder andere betrachten ihn als ein Produkt gewöhnlicher Regengüsse, daß nämlich die entstehende Lößlehmrinde bei ziemlich abschüssiger Oberfläche unter dem Einfluß der Meteorwasser beständig abgeschwemmt und am Fuße der Böschung, bezw. in Depressionen der Oberfläche, teilweise wieder abgesetzt wird und daß infolgedessen an solchen Hängen noch fast unverändert Löß ständig an die Oberfläche gerückt wird. Daß Löß nicht das Ablagerungsprodukt der Flüsse sein kann, ergibt sich daraus, daß Flüsse aus ein- und demselben Gebirge an ihren steilen Flußabhängen überall Löß angeschwemmt haben müßten, während dies aber nur vereinzelt der Fall ist.

1. A. Röthe, Chemische Analyse des im Ries vorkommenden Lehms (Löß). [Jahresbericht der Gewerbeschule in Nördlingen 1861—62.]

Wenn der Löß das Produkt gewöhnlicher Regengüsse wäre, müßte er auf waldigen Bergrücken, in den Hochtälern der Alpen, in allen Felsengründen der Hochgebirge, überhaupt dort, wo es viel regnet, anzutreffen sein, doch davon ist nirgends eine Spur zu finden.

Nachdem wir nun im Vorausgehenden über die Entstehung des Lösses auf fluviatilem Wege die verschiedenen Ansichten der Gelehrten kennen gelernt und gesehen haben, daß gegen jede der einzelnen Anschauungen sich Gegengründe anführen lassen, daß eine Reihe von Forschern mit dieser Art der Entstehung sich nicht begnügte, da suchte man andere Ursachen. Nicht Europa sondern Asien sollte der Schauplatz sein, in dem man auf eine neue, bis jetzt nicht beobachtete Entstehungsart des Lösses kam. Diese Theorie war so eigenartig, daß sie bei ihrem Bekanntwerden allgemeines Aufsehen in der wissenschaftlich gebildeten Welt erregte. Es erhoben sich zwar sofort Gegner genug, aber heute wird sie fast allgemein von der Wissenschaft als die warscheinlichste Art der Entstehung des Lösses anerkannt, nämlich durch Wind.

Für die allerfeinsten Teilchen, die aus der Zertrümmerung und Zersetzung der festen Erdkruste entstehen und gemeinhin als Staub bezeichnet werden, gibt es in der Verbreitung über die ganze Erde hin kaum eine Grenze, der Wind vermag ihn unberechenbar weit zu tragen. „Wie ein breiter Besen fegt er über Ebenen, steigt an den Abhängen des Gebirges empor, dringt in alle Spalten und Höhlungen hinein und holt alles heraus. Staubförmiges Pulver wird am leichtesten seine Beute und so häuft der Wind ganze Lager von Staub, die beim Niederfall Massen von gleichartigem Korn erzeugen. Aber auch Sandkörner und kleine Steinchen vermag der Wind, dessen Tragfähigkeit von seiner Stärke, d. h. seiner Geschwindigkeit abhängt, zu bewegen und hohe Dämme aufzuschütten. Was größer und schwerer ist, muß er liegen lassen. Feuchter Boden leistet so lange Widerstand, bis er getrocknet ist; daher kann man auch nur in öden Wüsten und Steppen die ablagernde Wirkung in ihrer ganzen Macht beobachten. Wie eine gewaltige Straßenfegmaschine, die im Staub vergrabene Steine hervorkehrt, läßt die abtragende Wirkung des Windes härtere Felsmassen, als Klippen und Tafelberge, als abgestutzte Pyramiden, über die weite Ebene einer Wüste oder Steppe emporragen. Da die Bewegung des Windes eben so leicht bergauf wie bergab geschieht, unterscheidet er sich in seiner abtragenden Wirkung sehr wesentlich vom fließenden Wasser, dessen Tätigkeit immer von Höhenunterschieden abhängig ist. Während der Wind meist schon grobe Sandkörner nicht zu bewegen imstande ist, wälzt das fließende Wasser selbst große Felsblöcke fort. Während der Wind in der Regel Wolken feinen Staubes dahinträgt, sortiert das Wasser auf seinem Weg Schutt und Kies nach seiner Größe und Schwere. Die hervorragende Bedeutung des Windes in geologischer wie ganz besonders

in volkswirtschaftlicher Beziehung tritt aber recht zu Tage, wenn man die Kraft des Windes genauer betrachtet. Wie wir wissen [1]), ist der Wüstensand nichts anderes als zerkleinerter Felsschutt, den der Wind über große Flächen ausbreitet. Aber diese Sandstürme überschreiten in der Regel das eigentliche Wüstengebiet fast niemals; der Sand ist zu schwer, um einen längeren Flug machen zu können und dringt nur an einzelnen Stellen schrittweise über die Grenze vor. (Wanderdünen). Anders verhält es sich mit den feinsten, kalkigen und tonigen Staubteilchen, die der Wind in weite Ferne trägt. Allerdings wird ein Staubfall von so riesiger Ausdehnung, wie man ihn im März 1901 in Europa erlebte, nur ausnahmsweise eintreten; in der Regel erlahmt die Kraft des Windes viel früher und der Staub kommt schon im Vorland der Wüste, in der grasbedeckten Steppe, zur Ruhe. Hier gehören Staubfälle zu den alltäglichen Erscheinungen. Solche Steppen in riesiger Ausdehnung finden sich aber hauptsächlich im Innern Asiens, Zentralasien selbst ist im Winter ein Gebiet bedeutender Abkühlung und im Sommer ein solches starker Erwärmung. Im Sommer steigt die in Zentralasien stark erhitzte Luft auf und infolge dieser Auflockerung wird ein Luftdruckminimum (bis 748 mm) erzeugt, das ein Zusammenströmen von Luft von allen Seiten, vor allem vom Meere her, bedingt. Die mit hohem Feuchtigkeitsgehalt ausgestatteten Seewinde erzeugen Monsune,· die die Vorbedingungen für Regenfall uud Steppenvegetation sind. Im Winter folgt hingegen eine starke Abkühlung und es fließt nunmehr von diesen Gebieten hohen Luftdruckes (775 mm) nach außen eine kalte Luft ab, die also eine umgekehrte Bewegung wie die Monsune besitzt. Die im Winter einsetzenden kalten Steppenwinde sind es nun, welche die losen Denudationsprodukte aus den Wüsten des Zentrums nach außen schaffen und in den intermediären Gebieten ablagern. Der Staub wird in der Wüste vor allem durch die ungleiche Erwärmung des Gesteins bei Tag und bei Nacht von den Felswänden abgesplittert und durch den Wind fortgetragen. F. v. Richthofen [2]), der China von 1868—1872 bereiste und in seinem berühmten Werke viele neue Aufschlüsse über dieses lange von der Außenwelt abgeschlossene Land gab, kommt auf die Tätigkeit des Windes zu sprechen. „Am Wüstenrand ist nach seiner Ansicht die Luft bei vollkommener Windstille oft gelb und wenig durchsichtig; sobald sich aber der Wüstenwind erhebt, überzieht sich die ganze Landschaft mit einem undurchdringlichen Schleier. Es ist daher kein Wunder, daß in solchen Gegenden die Staubmassen allmählich zu einer geologischen Formation von bedeutender Mächtigkeit anwachsen; die Grasnarbe wirkt als Staubfänger, und da bei jedem Staubfall der Boden sich nur um den winzigen Bruchteil eines Millimeters erhöht, finden die Gräser reichlich

1) F. Frech, über Lößbildung und Steppen. (Natur und Kultur, III. Jahrg. 1906, S. 615).
2. F. v. Richthofen, China, (Berlin 1877, Bd. I, S. 57 — 125.)

Zeit, nachzuwachsen und immer neuen Staub aufzunehmen und festzuhalten.“ Dieses eingehende Studium und die genaue Beobachtung der Windtätigkeit brachte F. v. Richthofen bei Begehung der Lößlager in China auf den Gedanken, daß an der Entstehung dieser mächtigen Lager nicht das Wasser schuld gewesen sein könne, daß hier vielmehr der Wind eine hervorragende Rolle gespielt habe. Ihm blieb es also vorbehalten, eine neue Entstehungsursache für den Löß zu finden, wenn auch vorerst nur für Asien. Dieser Gelehrte gibt uns nun eine interessante Schilderung einer solchen Lößlandschaft in China:

„Als ich in die Gegend von Pingyangfu gelangte, hatte eine anhaltende Dürre das Aufkommen der Saaten vollkommen verhindert. Der Boden war kahl und einförmig gelb; wie ein Wüstenland lag das sonst so fruchtbare Tal vor mir. Man glaubte bei der klaren Atmosphäre jede Unebenheit des Bodens wahrnehmen zu müssen; allein einige in unmittelbarer Nähe gelegenen Schluchten abgerechnet, schien das Land so gleichmäßig, daß man meinte, ein Regiment Kavallerie müsse im Flug über die weite Ebene hineilen können. Und doch ist dieselbe so unzugänglich, daß selbst der Fußgänger verloren ist, wenn er sich nicht an die gebahnten Wege hält. Die Schwierigkeiten des Fortkommens sind dann größer, als wenn man sich zwischen Felsen und Klippen befindet. Wandert man von einem Flusse, der sein Bett in den Löß eingeschnitten hat, in einer der tiefen Schluchten hinauf, so vereinigen sich bald mit ihr andere Schluchten von rechts und links, kleinere und größere, und in jeder derselben, wenn wir sie verfolgen, kommen wir zu neuen Rissen, und jeder von diesen verzweigt sich gegen seinen Oberlauf mehr und mehr. Steigen wir zu ihrem letzten Anfang hinauf, so finden wir die meisten schon an ihrer Ursprungsstelle als Risse von 30 — 56 Fuß Tiefe bei einer Breite von oft nicht mehr als 3 — 6 Fuß. Wandert man dagegen an der Oberfläche der so sanft aussehenden Lößmulde abwärts oder verläßt man dort einen der gebahnten Wege, so steht man plötzlich am Rande eines dieser tiefen Risse; da man nicht über denselben hinüber kann, so geht man die Spalte entlang aufwärts; aber bald wird der Weg durch eine neue Kluft verstellt, die unter einem schiefen Winkel in die erste einmündet; man folgt ihr und verliert noch mehr die Richtung des beabsichtigten Weges; dann kommen abermalige Abzweigungen, und wenn man ihnen entlang geht, so ist man bald im Gewirr der immer neu hinzukommenden Schluchten verloren. Sorgfältig wandert man zu dem ersten Punkt zurück und versucht das Fortkommen nach abwärts; aber da gelangt man bald an einen klippenförmigen Vorsprung, der auf der einen Seite von der ersten Schlucht, auf der andern von einer zweiten seitlich einmündenden begrenzt wird. Mühsam steigt man von einigen der Terrassen hinunter; aber wenn man auf die letzte derselben gelangt, so stürzt sie mit senkrechten Wänden nach dem Boden der beiden Risse ab. Auf diese Weise bietet eine Lößlandschaft die

wechselvollsten Bilder, wie man sie sonst nirgends auf der Welt zu sehen bekommt. Und Millionen von Menschen hausen in diesem Lößgebiet in höhlenartig in den Löß gegrabenen Wohnungen, deren Wände mit einem Zement ausgestrichen sind, der aus den schichtenweise darin vorkommenden Kalk- und Mergelknauern, den Lößmännchen, angestrichen wird. Er sichert Festigkeit und Trockenheit und trägt zu dem behaglichen Charakter der Wohnungen bei. Manche derselben hat Jahrhunderte hindurch derselben Familie zum Wohnsitz gedient."

F. v. Richthofen ist nun beim näheren Studium des dortigen Lösses zu folgendem überraschendem Ergebnis gekommen:

„Sämtliche [1]) zu Tage tretende Gesteine unterliegen der Zersetzung. Ihre Verwitterungsprodukte verfallen entweder direkt, oder nachdem sie von Flüssen oder Gletschern disloziert sind, der Trennung durch den Wind, wobei die groben Fragmente liegen bleiben, die Sandkörner als Flugsand weggetrieben werden können, um sich unter geeigneten Verhältnissen wiederum zu sammeln und zu Sandwüsten anzuhäufen, während endlich das feinste Verwitterungsmehl, namentlich in Gegenden mit abwechselnden, trockenen und nassen Jahreszeiten, in Form von Staubwinden in große Entfernung getragen wird. Fällt dieser Staub auf Flächen, welche von Vegetation bedeckt sind, so wird er von letzterer festgehalten und häuft sich hier, falls der Boden eben oder nur sehr schwach geneigt ist, allmählich an, so daß dieser nach und nach in die Höhe wächst. Am erfolgreichsten vollzieht sich dieser Vorgang in den regenarmen Zentralregionen der Kontinente, von wo die Wasser keinen Abfluß nach dem Ozean haben, sondern sich zu Seen ansammeln und dann verdunsten, also in Nordamerika, in Persien, in Zentralasien, vom Pamir bis zum Chingau und vom Himalaya bis zum Altai. In der Vegetation dieser Steppen hängt sich der von den umgebenden und durchsetzenden Gebirgskämmen herabgewehte Staub an und erhöht langsam aber fortwährend den Steppenboden — im Laufe der Zeit um Hunderte von Fußen. Der kaum merklich emporwachsende mehlige Boden enthält die röhrenförmigen Abdrücke der Wurzeln aller durch ihn erstickten Generationen der Steppengräser, deren Wurzelhorizont mit der sich hebenden Oberfläche immer mehr in die Höhe rückte, er umschließt die Gehäuse zahlloser Landschnecken und die Knochen der die Steppe bewohnenden Säugetiere und Vögel. So werden denn unter Beihilfe des äußerst trockenen Klimas die tiefsten Täler und die weitesten Bodeneinsenkungen abflußloser Gebiete (Steppenseen) im Laufe der Zeit allmählich von Ablagerungen des vom Winde herbeigeführten Staubes ausgefüllt. Nur an ihren Rändern, an den Abhängen der Gebirge, schalten sich zwischen dieselben Einlagerungen von durch Gebirgswasser herabgeschwemmtem Schutt ein. Unter dieser Decke von äolischen Gebilden können alle Unebenheiten des Untergrundes verschwinden, selbst Hügel

1. Vergleiche: H. Credner, Elemente der Geologie, Leipzig 1883, § 3.

vollständig begraben werden, es entsteht eine flache, beckenförmige Steppe, die von Gebirgen umrahmt ist. Ändert sich später das bis dahin herrschende Kontinentalklima, welches die äolischen Ablagerungen bedingte, in ein feuchtes ozeanisches Klima, so erfolgt unter dem Einfluß der reichlichen Niederschläge die Umgestaltung der Steppe in ein Lößbecken. Die Regenwasser sammelten sich zu Bächen und Strömen und schnitten tiefe und weit verzweigte Furchen und Talsysteme in den Steppenboden ein. Gleichzeitig fand eine Auslaugung der den letzten imprägnierenden Salze statt und mit alldem ging eine vollständige Veränderung der Tier- und Pflanzenwelt Hand in Hand."

Durch eine derartige äolische Bildung des Lösses erklären sich alle früher rätselhaften, charakteristischen Eigenschaften desselben, nämlich:

1. der petrographische, [1]), stratigraphische und faunistische Unterschied des Lösses von allen jungen oder älteren sedimentären Gesteinsablagerungen;

2. die fast vollkommene Homogenität in seiner Zusammensetzung innerhalb seines ganzen Verbreitungsgebietes auf dem europäisch-asiatischen Kontinente;

3. die Unabhängigkeit seiner Verbreitung von der Bodengestalt und von der Meereshöhe, indem er vom Meeresspiegel bis zu 2600 m über demselben ansteigt;

4. seine eigentümliche Lagerungsform und die dadurch bedingte Terraingestaltung, die sich dadurch kund gibt, daß er die Einsenkungen zwischen Höhenzügen ausfüllt, und dort, wo er mächtiger ist, die Unebenheiten ausgleicht, wobei seine Oberfläche eine flache an den beiderseitigen Gebirgsrändern emporsteigende Kurve bildet;

5. die vollkommene Gleichmäßigkeit des Kornes;

6. die eckige Gestalt der Quarzkörner, die den Löß wesentlich zusammensetzen;

7. der Mangel an wirklicher Schichtung;

8. seine kapillare Struktur mit im allgemeinen senkrechter Stellung der Röhrchen;

9. die senkrechte Absonderung;

10. die Führung zahlloser, wohlerhaltener Gehäuse von Landschnecken;

11. das allverbreitete Vorkommen der Reste von Säugetieren, welche heute den Steppen und Prärien eigentümlich sind.

Auch andere Geologen haben nach F. v. Richthofens Forschungen

---

1. A. E. Seibert, Die Lößtheorie F. v. Richthofens, (Zeitschrift f. Schulgeographie, Wien 1886, S. 136 u. f.)

Untersuchungen in der Wüste angestellt, z. B. Joh. Walther [1]), und haben ebenfalls den Beweis erbracht, daß der Wind in Trockengebieten einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Gestaltung der Erdoberfläche ausübt.

Nicht nur wird der Staub weithin fortgetragen, der Sand zu wallartigen Hügeln, sogenannten Dünen, zusammengeblasen, auch das feste Gestein erleidet durch den stets in Bewegung begriffenen Sand eine Gestaltsveränderung. Es sei hier nur an die für unsere Gebiete so charakteristischen Dreikanter erinnert, jene Wüstenkiesel, welche durch die anprallenden Sandkörner auf der freiliegenden Seite angeschliffen werden und in mehr oder weniger stumpfen Kanten sich schneiden und glänzen. Solche Dreikanter, nach Gestalt und Aussehen absolut identisch mit denjenigen der Wüste, sind auch an verschiedenen Stellen Deutschlands gefunden worden und werden für die äolische Entstehung des Lösses in Europa als ein Hauptbeweis angeführt. Nachdem also F. v. Richthofen aus der Tätigkeit des Windes auf die Entstehung des chinesischen Lösses hingewiesen hatte und die sogenannte Steppentheorie aufstellte, nahmen sehr bald die meisten Geologen dazu Stellung. Allerdings fand diese Theorie um so mehr Anklang, als ihr Bekanntwerden in weiten Kreisen mit den Veröffentlichungen Dr. Nehrings zeitlich zusammenfiel. Nehring hat bereits schon vor Bekanntwerden der Richthofenschen Theorie für einen Teil der Ablagerungen von Westeregeln [2]) die Mitwirkung von Staub und Flugsand angenommen. Er kam im Verlauf seiner eingehenden Studien an solchen Tierknochen, die im Löß Norddeutschlands gefunden worden sind, zu der Überzeugung, daß die Säugetiere, die während der Bildung dieser Formation dort gelebt hatten, identisch oder doch ganz nahe verwandt mit den jetzt auf den Steppen der arktischen Region, in Zentralasien und Sibirien, lebenden gewesen seien. Er schloß daraus, daß auch Deutschland teilweise eine Steppe gewesen sein müsse, deren Klima etwa dem jetzigen des westlichen Sibiriens geglichen habe. So kam also A. Nehring für Westeregeln und sein Freund Liebe [3]) für Ost-Thüringen (letzterer bereits 1871/72), die zu jener Zeit noch keine Kenntnis von F. v. Richthofens Untersuchungen hatten, zum gleichen Ergebnis für einen Teil Mitteleuropas, das F. v. Richthofen infolge der Beobachtung von Bau und Art des Vorkommens des Lösses für einen großen Teil Hochasiens gewonnen hatte. Auch E. Tietze [4]) kommt für Persien in Bezug auf den dortigen Löß zur

1. Joh. Walther, Die Denudation in der Wüste und ihre geolog. Bedeutung. (Abhandl. der math. physik. Klasse der k. sächsischen Gesellschaft für Wissenschaft, 1891, Bd. XVI, Nr. 3.)
2. A. Nehring, Über die quaternären Faunen von Thiede und Westeregeln 1877, S. 51—54.
3. K. Liebe, Text zur geolog. Spezialkarte der Blattes Gera, Berlin 1871/72.
4. E. Tietze, Zur Theorie der Entstehung der Salzsteppen und der angeblichen Entstehung der Salzlager aus Salzsteppen. (Jahrbuch d. k. k. Reichsanstalt, Wien 1877, Bd. 27.)

gleichen Anschauung. Kaum hat die Ansicht F. v. Richthofens sich den wohlverdienten Eingang unter den Geologen verschafft, so finden wir bereits eine weitgehende Anwendung dieser Auffassung auf einem etwas anderen Boden. Die geringe Rolle, welche Flüsse im persischen Hochland spielen, fällt nach Tietze jedem Reisenden auf. Es gibt weite Zwischenräume zwischen den einzelnen Gebirgsketten, welche gar kein Flußbett, nicht einmal ein trockenes, aufweisen. Wenn man also beim europäischen Löß insoferne viel eher an Flußabsätze denken könnte, als man wenigstens Flüsse zur Verfügung hätte, so fällt dies in Persien von selbst fort. Die lößartigen Bildungen haben denselben Ursprung wie in China. Auch hier spielen die Sandstürme eine große Rolle, mehr als in Europa. (Verfinsterung des Himmels durch Sandstürme u. a.). Ähnlich wie E. Tietze, A. Nehring u. a. kommt auch A. Sauer [1]) zu dem Schluß, daß am Ende der altdiluvialen Periode nach dem Rückzug und der Abschmelzung der nordeuropäischen Eisdecke das Norddeutsche Flachland, der Schauplatz großartigster äolischer Tätigkeit, eine endlose Steppe mit ihren Wirbelstürmen darstellte, die vom Frost unterstützt, den Gletscherboden aufarbeiten, die feinen Produkte an die Gehänge, den allerfeinsten Staub aber bis auf die Erhebungen der das Norddeutsche Flachland umsäumenden Gebirge trugen, während der gröbere Sand ein fortwährendes Spiel der Winde, die aus dem Boden hervorragenden und auf der Oberfläche liegenden Gerölle in und nahe dem Flachlande, so wie es heutzutage noch in der arabischen Wüste geschieht, glättete, abschliff und die charakteristischen Formen der Kantengerölle schuf. Auch die in dem Norddeutschen Flachlande bis in den Bereich des Lößgebietes vorkommenden Dreikanter oder Kantengeschiebe stehen mit der Entstehung des Lösses im engsten Zusammenhang; denn diese Dreikanter sind nicht vereinzelt auf kleine Fundstellen lokal beschränkt, sondern kommen über große und weite Strecken hin verbreitet vor. Allerdings glaubt G. Behrend [2]), daß die glazialen Schmelzwasser die im Sand auf einander liegenden Geschiebe in langandauernder, rüttelnder Beweguug erhielten und so eine gegenseitige Abschleifung der Geschiebe bewirkten. In Bezug auf die Schichtung des Lösses, die, wie früher erwähnt, nach Schuhmacher beim Mangel derselben nicht als Beweis gegen den Absatz aus Wasser betrachtet werden darf, kommt nun Lepsius [3]) gerade zu der entgegengesetzten Ansicht und nimmt das vollkommene Fehlen einer Schichtung als Hauptgrund für äolische Entstehung an.

---

1. A. Sauer, Über die äolische Entstehung des Lösses am Rande der norddeutschen Tiefebene. [Zeitschrift für Naturwissenschaften, Halle, 1889, S. 21.)

2. G. Behrend, Dreikantige Geschiebe. (Jahrb. d. K. pr. geolag. Landesanstalt, Berlin 1884—85, S. 201—210.)

3. L. Lepsius, Geologie von Deutschland, Bd I, S. 657 u. f.

Der Löß, als Staub in der Rheinebene vom Wind aufgewirbelt, lagert sich nicht im Wasser, sondern auf Grasflächen ab. Durch diesen jetzt nachgewiesenen Übergang aus dem Flugsand in den Löß wird die Theorie von F. v. Richthofen über die äolische Entstehung des Lösses wesentlich gekräftigt. Lepsius läßt das Lößmaterial nämlich aus der Rheinebene selbst stammen. Über die Entstehung des Rheinlösses äußert sich sehr eingehend Gutzwiller. Er geht auch [1]), wie F. v. Richthofen und A. Nehring von der Steppenbildung aus und kommt nach einer allgemeinen Behandlung des Lösses zu seiner Entstehnng. „Der durch den Wind fortgetragene Staub kann auch in fließendes Wasser fallen, welches das Material mehr oder weniger deutlich schichtet. Die bald im Staub versiegenden Schlammströme, welche bei gelegentlichen Regengüssen entstehen, schwemmen besonders am Gehänge die Schalen abgestorbener Schnecken nesterweise zusammen. Wo der niederfallende Staub vom fließenden Wasser unberührt bleibt, häuft er sich gleichmäßig und ohne jede Schichtung an; die Vegetation mit den Landschneckenschalen und anderen Tierresten wird nach und nach eingebettet, an der Oberfläche jedoch erneuern sich die Pflanzen stetig; daher durchsetzen die durch die Wurzeln entstandenen Röhrchen die gesamte Lößmasse und die Schneckenschalen erscheinen gleichmäßig verteilt.“ Verschiedene andere Geologen sprechen sich auch ausnahmslos für die Entstehung durch Wind aus. So läßt A. Florschütz [2]) neben der meteorologischen Einwirkung von Wärme und Kälte und dem mechanischen Druck der Gletscher noch den Einfluß eines dritten Faktors, des Luftmeeres mit seinen mehr oder weniger regelmäßigen Strömungen, eine ganz bedeutende Rolle spielen.

Für eine äolische Entstehung treten ferner rückhaltlos ein: K. Keilhack [3]), A. Gruner [4]), G. Rümker [5]), L. Reinhardt [6]), sowie E. Ramann [7]), C. Mordziol [8]) und R. Lindemann [9])

Ramann, der in seinem Werk „Die Bodenkunde“ — alle Arten von Gestein und Ablagerung genau geprüft hat und mit peinlicher Genauigkeit sich mit den einzelnen Bodenarten beschäftigte, hat auch

1. A. Gutswiller, Über Löß, Basel 1893—94 S. 27.

2. A. Florschütz, Der Löß. (Jahrbuch des nassauischen Vereins für Naturkunde, Jahrgang 47 und 48, Wiesbaden 1894—95).

3. K. Keilhack, Jahrb. der prakt. Geologie, Stuttgart 1896.

4. A. Gruner, Bodenverhältnisse des preußischen Flachlandes, Festrede, Berlin 1898.

5. G. Rümker, Tagesfragen aus dem modernen Ackerbau, Heft I, Berlin 1904.

6. L. Reinhard, Vom Nebelfleck zum Menschen, München 1907.

7. E. Ramann, Bodenkunde, Berlin 1911, S. 54 und 134.

8. C, Mordziol, Die Rheinlande, Heft IV, Berlin 1912—13

9. R. Lindemann, Die Erde, Stuttgart, 1913, Bd. I.

eine kurze, aber gründliche Erklärung des Lösses gegeben. Ablagerungen von Staub und Sand durch Wind bilden den Löß, der seine typische, poröse Struktur durch Wurzeln der niederen Vegetation, zumeist Gräser erhält, die nach dem Absterben der Pflanzen verwesen, sich meist mit kohlensaurem Kalk inkrustieren und hiedurch jene feinporige Beschaffenheit annehmen, die den Löß auszeichnet. Auch über die Herkunft gibt Ramann Aufschluß, indem er die klimatischen Verhältnisse Europas zur Zeit der diluvialen Abschmelzungsperiode mit Beziehung auf S. Tutkowsky [1]) dahin erklärt, daß unter dem Einfluß der ausgedehnten Eismassen anticyklonische Winde entstanden seien, die am Eisrande infolge starken Falles Föhncharakter hatten. Die von Eis freiwerdenden Gebirgsteile waren pflanzenleer und daher der Abwehung ausgesetzt.

Daß sich natürlich nach F. v. Richthofens Steppentheorie Geologen und Geographen mit der Tätigkeit des Windes beschäftigt haben, daß vor allem auch die Frage anfgeworfen wurde, woher denn eigentlich die gewaltigen Staubmassen, die Sandstürme, kommen, die so gewaltige Umwälzungen, besonders in China, hervorzurufen imstande waren, ist selbstverständlich. Während nun die meisten Forscher diese Stürme als feststehende Tatsache hinstellen, befassen sich einzelne näher mit diesem Problem und nehmen damit den Gegnern einen Hauptgrund für ihre Ansicht. Wenn es auch das Verdienst F. v. Richthofens ist, die Entstehung jener volkswirtschaftlich so wichtigen, in der ganzen Welt verbreiteten Gesteinsart zuerst als äolische Bildung erkannt zu haben, so darf doch nicht übersehen werden, daß seine Auffassung über die Herkunft des Lösses sehr bald berechtigten Zweifeln begegnete. Charakteristisch ist unter anderem der hohe Kalkgehalt des Lösses. F. v. Richthofen nahm nun an, daß durch die Verwitterung der Gesteine das Material des Lösses geliefert wurde. Dem ist aber entgegen zu halten, daß aus der Gesteinsverwitterung keine kalkreichen sondern tonige und lehmige Produkte hervorgehen. Bei der Verwitterung wird eben der Kalk durch das Wasser fortgeführt. Die Frage nach der Herkunft des Kalkgehaltes im Löß vermögen also die Erklärungsversuche F. v. Richthofens nicht befriedigend zu beantworten. G. Steinmann [2]) verknüpft nun die Lößbildung mit Glazialerscheinungen, indem er den Löß als ein bis zur größten Feinkeit gesiebtes und durch den Wind fortbewegtes Ausschlämmungsprodukt von diluvialen Endmoränen ansieht. Der Löß wäre demnach vom Fuße der Hochgebirge Zentralasiens durch die Tätigkeit starker Staubstürme an seinen jetzigen Lagerungsort verfrachtet worden. Allerdings ist der hohe Kalkgehalt im Löß dadurch noch nicht genügend erklärt, aber offenbar bestehen nicht die großen Schwierigkeiten wie bei den Erklärungsversuchen F. v. Richt-

1. S. Tutkowsky, Geolog. Zentralblatt, 1901, S. 405.

2. G. Steinmann, Die Entwicklung des Diluviums in Südwest-Deutschland, Berlin, 1898. (Zeitschr. d. geolog. Gesellsch., Bd. 50, S. 87 u. f.)

hofens. Auf jeden Fall ist der Kalk im Löß primär und nicht sekundär, da allüberall der hohe Kalkgehalt diese Gesteinsart auszeichnet. An Ort und Stelle, nämlich im Chao-Tal im nordöstlichen Tibet, machte auch K. Futterer [1]) Beobachtungen und suchte für den Ursprung des chinesischen Lösses eine sichere Grundlage zu schaffen. „Der Löß und die von demselben stammenden, durch Regenwasser in die Täler zusammengeschwemmten Lehmmassen sind ursprünglich vom Wind herbeigetragene, staubartige Materialien. An ihrer Verteilung in den Vertiefungen und Höhen des älteren Gebirges, welche für den Lauf und die Richtung der heutigen Täler bestimmend sind, muß man erkennen können, aus welcher Himmelsrichtung die Winde diese staubartigen Materialien brachten. Die konstante, gesetzmäßige Anhäufung des Lösses an den nach Norden gerichteten Südgehängen der West-Osttäler zeigt zur Genüge, daß es von Norden und hauptsächlich in dieser Gegend von Nordwesten kommende Winde gewesen sind, welche in langen Zeiträumen und auch heute noch diese Lößakkumulation, die Überdeckung der älteren Reliefformen des Landes und die teilweise Ausfüllung der Täler, herbeigeführt haben. Woher entnahmen nun aus dem Norden und Nordwesten die Winde diese Löß-Staubmassen? Wie weit wurden dieselben transportiert? Ein Blick auf die Karte des zentralen Asiens zeigt ohne Schwierigkeiten die Heimat dieser äolischen Aufschüttungsmassen. Der große Wüstengürtel, in welchem die ihm eigentümlichen klimatischen Verhältnisse aus der mechanischen Zersetzung der Gesteine Sand und Staub produzieren, ist die Heimat des feinstaubigen Lösses, und die auch heute noch vorherrschenden, von Nord und Nordwest kommenden, als Staubträger berüchtigten Luftströmungen sorgen für die Ausbreitung des in der Wüste entstandenen feinsten Zersetzungsmaterials der verschiedensten Gesteine."

Auch R. Lindemann [2]) der sich ohne Einwand der Theorie eines Steppenklimas anschließt, sieht das nördliche China als das klassische Gebiet der Staubsedimente an. Im nordwestlichen China wehen vorherrschend nordwestliche Winde. Das Muttergestein ist also für den chinesischen Löß in den weiten Ebenen des inneren Asiens, in den Fels- und Kieswüsten der Mongolei und des östlichen Turkestan zu suchen. Diese Länder zeichnen sich durch ausgesprochenes kontinentales und trockenes Klima mit sehr schroffen Temperaturgegensätzen aus; infolgedessen geht die Zerstörung der Gesteine durch physikalische Verwitterung ungemein schnell von statten. Die starken Winde nehmen das gesamte feine Verwitterungsmaterial auf und tragen es weit über die Grenzen des Gebietes; in Zentralasien selbst kann sich also kein Löß ablagern, woraus sich die vollkommene Unfruchtbarkeit jener weiten Landstriche erklärt. Ist doch der feine Staub gleichsam der

1. K. Futterer, Durch Asien, Berlin 1901, Bd. I, S. 430-431.
2. R. Lindemann, Die Erde, Stuttgart 1912, Bd. I, S. 331.

der Extrakt der zerstörten Felsmassen, besteht er doch zum größten Teil aus den Zersetzungsprodukten der Feldspate und Glimmer, die zu den wichtigsten Pflanzennährsalzen gehören. Alle diese Stoffe werden fortgeweht und befruchten fern vom Mutterlande den chinesischen Boden, dessen Bewohner vom zentralasiatischen Staub leben.

Lindemann nimmt nun auch für unsere Gegenden eine ähnliche Fortbewegung nahrhafter Bodenstoffe durch den Wind an, allerdings in schwächerem Maße, weil ja an den meisten Stellen eine dichte Pflanzendecke das Erdreich schützt. Aber im Frühjahr und Herbst, wenn weite Strecken Landes unbebaut daliegen und das Erdreich nach einer längeren Trockenperiode ausgedörrt ist, kann auch bei unserem Klima die Verwehung durch Wind einen merkwürdigen Grad erreichen. Sie macht sich am kräftigsten fühlbar auf ungeschützten Hochebenen und an kahlen Abhängen, die der herrschenden Windrichtung zugekehrt sind. Also müßten auch Süd- und Mitteldeutschland in der Zeit, in der die Lößablagerungen stattfanden, Steppen gewesen sein. Wo lag nun die Wüste, aus der die Staubmassen herüberwehten? Wir brauchen nicht weit zu gehen, um solche Spuren zu finden. Als die ungeheuren über dem Norddeutschen Flachland und den Alpen ausgedehnten Eismassen abschmolzen, hinterließen sie das Land im Zustand schauerlicher Verwüstung und Verödung. Der Pflanzenwuchs mußte anfangs nur sehr spärlich gewesen sein, ja es mögen vereinzelt Wälder entstanden sein, die nach und nach, als das Klima wärmer und feuchter wurde, allmählich ganz Mitteleuropa bedekten. Das Vorhandensein eines solchen Klimas zur Zeit der Entstehung des Lösses wird durch die darin vorkommenden Überreste von Steppentieren bewiesen. Diese an arktische Verhältnisse gewöhnten Tiere (Pferdespringer, zwei Zwieselarten, das asiatische Steppenmurmeltier, Pfeifhase, Wühlmäuse und Lemminge) verschwanden jedoch bald und es blieb eine reine Steppenfauna übrig, der sich später eine Weidefauna anschloß. Diese Überreste von Steppentieren könnten ja auch das Wasser zur Anschwemmung benützt haben, die Tiere in solchen Massen durch Überschwemmungen umgekommen sein. Aber dagegen spricht ihr guter Erhaltungszustand, weil bei Überschwemmungen, zumal auf bewaldetem Terrain, die Kadaver in der Regel bedeutende Beschädigungen und Zerrungen erleiden. Also muß die Massenansammlung dieser Säugetierüberreste als Folge von Sturm- und Sandverwehungen angesehen werden.

Die mächtigen Lößlager nun, die sich überall an den windgeschützten Abhängen befinden, stammen aus jenen Schuttmassen, die das abschmelzende Eis zurückließ, aus Moränen, Blocklehm, Kies und Sandfeldern, die vom Wind als feines, staubförmiges Material herausgeblasen und in weite Ferne getragen wurden. Soweit nun die letzte Vereisung reichte, war keine Pflanzendecke, also finden wir auch da nirgends Löß. Gegenden mit Pflanzendecke waren unvergletscherte

Gebiete, zu denen bekanntlich fast ganz Süd- und die südlichen Gebiete von Mitteleuropa gehörten, mit Ausnahme der höheren Gebirge. Diese Gebiete sind aber auch die Heimat des Lösses. Daß natürlich ein bedeutender Teil der Staubmassen in Flüsse und stehende Gewässer fiel und so Löß in die Täler hinabgeschwemmt und dort abgesetzt wurde, ist selbstverständlich. Es finden sich auch in der Tat in Süddeutschland Lößlager, von Sand und Kies verunreinigt, teilweise sogar auch geschichtet. Diese Lager sind auf jeden Fall auf eine Umlagerung der älteren Staubsedimente zurückzuführen. Anderseits gibt es in Süddeutschland auch Orte wieder, die gerade zum Lößstudium einladen. Eine solche Art findet sich an dem aus Jurakalk zusammengesetzten Kaiserstuhl bei Freiburg. „Ein Wanderer [2]), der ihn von Osten her oder Norden betritt, wird auf dieser Seite einen mächtigen Lößmantel antreffen. Hier ist ein vorzügliches Feld zu Lößstudien. Alle charakteristischen Merkmale des zusammengeblasenen Steppenstaubes, der Mangel jeglicher Schichtung, die regellose Verteilung der winzigen Landschnecken, das durchgehends sehr feine und gleichmäßige Korn, sind am Kaiserstuhl in reinster Weise ausgeprägt. Enge Hohlwege, bei hohem Sonnenstand glühend heiß, bei Regenwetter außergewöhnlich schmutzig, führen durch die Lößzone empor zum Gebirgskamm, dessen Lößdecke fast überall fortgewaschen ist; oft sieht man in diesen Hohlwegen an sonnig gelegenen Baumwurzeln jene seltsam geformten Kalkgebilde hängen, die als Lößkindel oder Lößpuppen bekannt sind. So haben wir hier, wie uns F. v. Richthofen im Früheren eine charakteristische Lößlandschaft geschildert hat, eine typische, mitteleuropäische, die infolge des milden Klimas einen ganz vortrefflichen Wein- und Obstboden bildet, so daß man die Berge hinauf Reben, die Wege entlang Obstbäume angepflanzt sieht.

Es ist nun augenscheinlich, daß eine Theorie, welche die Ablagerungen auf maritime Einflüsse zurückführt, weder eine Erklärung für alle diese Eigentümlichkeiten des Lösses noch für einzelne derselben geben kann. Weder das Meer noch kleine Seen, Flüsse und andere Wasserwirkungen wären imstande, solche Lager von Löß an Bergabhängen in so beträchtlicher Höhe zu bewirken. Ebensowenig ist in diesem Fall der Mangel jeglicher Schichtung, — wo Schichtung vorhanden ist, kann von typischem Löß nicht die Rede sein — die massenhafte Erscheinung von Haarröhrchen, die Neigung zur senkrechten Spaltung, das unterschiedslose Vorkommen von Quarzstückchen, die eckige Form derselben, die verschiedenartige Stellung der Glimmerplättchen, die Einbettung von Landschnecken, Muscheln und Überresten von der Säugetierfauna, zu verstehen. Nehmen wir dagegen die Entstehung des Lösses als ein Produkt des Windes an, so erklären sich alle diese charakteristischen Eigenschaften leicht. Wenn nun eine Reihe

1. R. Lindemann, Geologie der deutschen Landschaften, Stuttgart 1913, S. 142.

namhafter Forscher sich bedingungslos der Theorie des Windes anschließt, so muß F. v. Richthofen der Ruhm zuerkannt werden, die äolische Bildung des Lösses und der ihm analogen Ablagerungen in allen Einzelheiten eingehend erörtert, von dem umfassenden Standpunkt der vergleichenden Geographie aus verwertet und ihr durch wiederholte energische Verteidigung einen sicheren Platz in der Wissenschaft erobert zu haben.

Seit der Zeit nun, in der F. v. Richthofen in China seine Studien machte (1868—1872), haben natürlich wieder verschiedene Geologen sich mit dieser Materie befaßt, haben dieselben Gegenden wie F. v. Richthofen bereist, seine Ansichten bestätigt, teils in den etwa vorhandenen Mängeln ergänzt oder aber auch eine gegenteilige, also die frühere Ansicht über Lößbildung wieder zur Geltung zu bringen versucht. Was nun die Ergänzung der F. v. Richthofenschen Theorie — nebenbei gesagt auch eine Verteidigung derselben — betrifft, so sind die Ausführungen von G. Merzbacher [1]) sehr interessant. Derselbe bespricht in einem längeren Aufsatz eine Studie des verdienstvollen Forschers Innerasiens, W. A. Obrutschew [2]), der darin das Ergebnis seiner langjährigen, sorgfältigen Beobachtungen über die Entstehung des Lösses zusammenfaßt. Obrutschew geht vor allem von der Behauptung F. v. Richthofens aus, daß das jetzige Zentralasien ganz aus mit Löß mehr oder weniger angefüllten Becken bestehe (China, Bd. I, Kap. IV) und erklärt, daß solche Becken nur an verschiedenen Stellen im Grenzgebiet auftreten, daß das Anfüllen der Becken mit Löß in der Auffassung Richthofens unmöglich sei, da der Beckenraum im Verhältnis zu dem gelieferten Material zu groß sei. Auch in Bezug auf die Schichtung des Lösses nimmt Obrutschew an, daß der typische Löß ein geschichtetes Gestein ist, da die Ablagerung nicht ohne Unterbrechung vor sich gehe, jedoch sei diese Schichtung sehr undeutlich und schwer erkennbar. Nur ein außerordentlich starker Regenguß, der vielleicht im Laufe mehrer Jahre einmal einträte, würde auf der Oberfläche der Steppe Grus und Sand anschwemmen und eine deutlicher erkennbare Schichtung zustande bringen. Er faßt das Ergebnis dahin zusammen, daß, wenn man eine Schwemmungshypothese annehme, sich in den meisten Gebieten kein Löß mehr bilden könnte, sondern daß nur mehr eine Verschwemmung des alten, massigen Lösses, d. h. eine Umlagerung, stattfinde. In allen diesen Gebieten bilde sich aber heute noch Löß und zwar unter den jetzigen klimatischen Relief- und Vegetationsverhältnissen. Am Schluß der Besprechung des Obrutschewschen Werkes kommt G. Merzbacher auf Grund dieses Studiums und auch seiner eigenen Beobachtungen zu dem Schluß, daß die Lößbildung heute noch im großen ganzen in der gleichen Weise auf ungeheuren Räumen Zentralasiens stattfindet wie seit ungezählten Jahrtausenden,

1. G. Merzbacher: Zur Frage der Entstehung des Lösses. (Petermanns Mitt., 59. Jahrg. 1913, S. 130—136.)

2. A. W. Obrutschew, Zur Frage der Entstehung des Lösses, Tomsk 1911.

daß sie also einen einheitlichen, niemals völlig unterbrochenen Vorgang darstellt. Mögen in den außerordentlich langen Zeiträumen, die seit der weitgehenden Veränderung des zentralasiatischen Klimas am Ende der Tertiär- und zu Beginn der Quartärperiode verflossen sind, auch klimatische Schwankungen von nicht gerade sehr bedeuteudem Ausmaß zeitweise bei vermehrter Trockenheit des Klimas Stadien stärkerer Lößablagerungen zur Folge gehabt haben und während der Perioden vermehrter Feuchtigkeit wieder von Zeiten verringerter Lößbildung, verbunden mit verstärkter Erosion, abgelöst worden sein, so kann doch im allgemeinen der Vorgang der Lößbildung schon nach der Einheitlichkeit des Charakters dieser Ablagerungen zu schließen, nie ganz unterbrochen gewesen sein. W. A. Obrutschew und G. Merzbacher scheinen nun zur Frage der Entstehung des Lösses Stellung genommen zu haben, um die äolische Hypothese zu verteidigen. Eine solche Verteidigung ist in letzter Zeit deshalb nötig geworden, weil sich gewichtige Stimmen erhoben, die dem Wasser bei der Lößbildung nicht nur in Europa, sondern auch im Ursprungsland der äolischen Lößtheorie, in Asien, die Hauptrolle bei der Entstehung zuzuschreiben bemüht waren. Vor allem traten in diesem Sinne in Rußland Ja Armaschewsky [1]) und A. D. Pawlow [2]) gegen die sonst für Asien allgemein angenommene Richthofensche äolische Lößtheorie auf. Armaschewsky bezeichnet in seiner geologischen Karte von Rußland Löß, Lehm und seine Sandbildungen ganz allgemein als subaärisch—alluviale Sedimente im Gegensatz zu subaqual — alluvialen Niederschlägen; er hält die äolische Hypothese der Lößbildungen für unbrauchbar. Pawlow geht jedoch nicht so weit wie Armaschewsky und läßt den Wind wenigstens, wenn auch eine nebensächliche, Rolle spielen. Er gibt zwar die Möglichkeit einer ursprünglich subaärischen Entstehung zu, die heutige Beschaffenheit und Lagerung aber führt er auf Verschwemmung durch Regen und Schneewasser zurück, sowie auf das zeitweise Wirken überschwemmender Hochwasser, die aus dem Rande der Gebirge austreten. Pawlow nimmt diese Entstehungsweise aber nicht allein für den turkestanischen Löß, worüber seine Schrift hauptsächlich handelt, sondern auch für den westeuropäischen, insbesondere den Donaulöß, an. Auch deutsche Forscher haben sich in neuerer Zeit wieder der sogenannten Anschwemmungstheorie zugewandt, wie E. H. L. Krause [3]) und Brockmann-Jerosch. [4]) Letzterer läßt den Löß aus den vegetationslosen Schotterflächen glazialer Schmelzwasser entstehen und verlegt seine

---

1. Ja Armaschewsky, Trudy Gool. Com. XV, Nr. 1, St. Petersburg 1903.
2. A. D. Pawlow, Sitzb. der k. russ. Gesellschaft der Freunde f. Natur, 1903.
3. E. H. L. Krause, Die Vegetationsverhältnisse Mittel-Europas während der paläolithischen Zeit. (Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1910, S. 785 — 795.)
4. Brockmann-Jerosch, Das Alter des Schweizerischen diluvialen Lösses, (Vierteljahresschrift der Naturf.Gesellsch. Zürich 1909, Bd. 54, S. 449—482).

Bildung gerade in die Zeit der Gletschervorstöße, also in eine Periode, die, wie er aus glazialen Pflanzenfunden nachzuweisen sucht, durch ein feuchtes, ausgesprochen ozeanisches Klima charakterisiert gewesen sein soll. Nach F. v. Richthofen erfolgt nun der Absatz des Lößstaubes unter dem Einfluß der Steppenvegetation, die wie ein Filter wirkt. Auch Windstillen sind ohne Zweifel von Bedeutung. Vielleicht hat aber F. v. Richthofen die Beteiligung des Wassers bei der Lößablagerung unterschätzt, denn die Lößbildung [1]) erfolgt namentlich dort, wo die regelmäßige Regenzeit einsetzt. Der Staub wird von den Gebirgen in die flache Ebene geschwemmt, bezw. der in die Lößbecken fallende Regen bringt ihn auf die Steppenfläche herab. Dabei handelt es sich nicht um stehendes Wasser, sondern um schnell versickernden Regen. So erklärt sich die Beckenlagerung des Lösses und so können auch die Einwände gegen die äolische Entstehung, die namentlich bei dem diluvialen Löß in Deutschland geltend gemacht worden sind, erklärt werden. Nicht Wind allein, auch das Wasser ist bei seiner Ablagerung stark beteiligt. Moräner-Löß ist in ganz Zentralasien, Turkestan und Klein-Asien verbreitet und geht dann über in den diluvialen europäischen Löß, der sich in breiten Streifen südlich der glazialen Ablagerung von Rumänien über Ungarn, Mittel- und Süddeutschland nach Belgien und Nordfrankreich zieht. Ferner finden sich Lößablagerungen in Südaustralien gerade da, wo die Winterregenzone an die Viktoriaküste grenzt. Lößähnliche Böden haben eine ungeheure Verbreitung in den Pampas, Llanos und in den Prärien Nordamerikas. Auf diese scheint allerdings die Behauptung von der Verbreitung des Lösses in Gegenden mit regelmäßiger Regenzeit nicht zu zutreffen, wie überhaupt der Beweis im allgemeinen für diesen Satz sehr schwer zu erbringen sein dürfte.

Aber nicht nur über die Entstehungsweise des Lösses herrschen verschiedene Ansichten, sondern auch über Bodenarten und Ablagerungen, die dem Löß nahe kommen, lößähnliche, sind die Anschauungen ebenso geteilt, ja stehen sich manchmal noch viel schroffer gegenüber als beim Löß. Diese Bodenarten, die in den verschiedenen Ländern auch verschiedene Bezeichnungen haben, erwecken insofern das regste Interesse, als man bei ihrem Studium wichtige Rückschlüsse auf den Löß ziehen konnte und noch zieht, für den Fall, daß eine tatsächliche Übereinstimmung nachgewiesen ist. So sind vor allem die Ablagerungen in Nord- und Südamerika von einer Reihe von Geologen untersucht worden; sie stimmen alle darin überein, daß diese Lagerungen dem Löß gleich kommen, ja sogar, daß es dieselbe Bodenart ist. Über ihre Entstehungsweise sind infolgedessen auch die Ansichten noch geteilt, wenn gleich sicher dort auch andere Faktoren mitgewirkt haben, die berücksichtigt werden müssen. In unserem Fall kommt es hauptsächlich

1. S. Passarge, Geolog. Bedeutung der Atmosphäre, (Handbuch d. Naturwissenschaften, Jena 1912, Bd. I, S. 620).

darauf an, daß in Amerika solche Ablagerungen vorhanden sind, und wie sie nach der Ansicht der Geologen entstanden sind, nicht aber, ob die eine oder die andere Entstehungsweise die richtige sei. So führt Broadhead[1]) aus, daß sich in den heutigen Alluvionen des Missouri bei Überschwemmungen auch Landschnecken finden, deren Vorhandensein aber nicht gegen einen Absatz von Wasser spreche. Auch nach Wright[2]) ist die Art der Ablagerung bei Omaha nicht durch Wind erklärbar, da die Teilchen in der Nähe der Flüsse gröber sind und der Löß überhaupt mächtiger ist als in weiter Entfernung; auch die dortige Fossilführung soll für eine Ablagerung aus Wasser sprechen. In ähnlicher Weise spricht sich auch L. A. Owen[3]) aus. Ferner bringt J. E. Todd[4]) Gründe für einen wässerigen Absatz. In Südwestiowa kommen verschiedene Ablagerungen mit dem Löß vergesellschaftet vor, die diesem ganz außerordentlich ähnlich sehen. Verschiedene Arten von Löß können es aber nicht sein, wenn der Wind sie zur Ablagerung gebracht hat; denn an derselben Stelle kann der Wind nicht verschiedenartiges Material niederschlagen. Hätte man es aber, sagt Todd, mit verwehtem Flußschlamm zu tun, so müßte der Löß im Osten solcher Flüsse viel mächtiger sein, da in den dortigen Gegenden die Westwinde vorherrschend sind. Diesen Forschern gegenüber vertritt B. Shimek[5]) einen wesentlich anderen Standpunkt und kommt zu folgendem Ergebnis: „Der amerikanische Löß setzt sich in interglazialer und postglazialer Zeit unter klimatischen Bedingungen ab, die nicht wesentlich von den heutigen verschieden sind. Die zahlreichen kleinen Röhrchen, die im Löß, besonders an der Basis auftreten, lassen sich nach ihm nicht anders als auf Hohlräume zurückführen, die beim Absterben von Baumwurzeln zurückblieben und daß Wälder zur Lößzeit vorhanden waren.

Shimek ist also für eine äolische Entstehungsweise und glaubt ferner, da der Löß nach Mächtigkeit und Textur mit den Pflanzen schwankt, die Lößfrage sei ein Problem der Pflanzenökologie. Gegenüber Wright und Owen hebt er noch besonders hervor, daß die eigentlichen Wassermuscheln im Löß völlig fehlen, daß dieser überhaupt keine so innigen Beziehungen zu den Flüssen besitzt, wie vielfach angenommen wird, indem er z. B. die Wasserscheide zwischen Missouri und Mississippi überschreitet. Eine ganz ähnliche Entstehungsweise, wie sie von vielen Geologen für den europäischen Löß angenommen wird — man hat es mit verwehtem Hochwasserschlamm der Flüsse zu tun, und zwar müssen es Ostwinde gewesen sein, die ihn verfrachteten —,

1. G. Broadhead, Am. Geologist 33, 1904, S. 393 u. f.
2. G. F. Wright, Am. Geologist 35, 1905, S. 291—300.
3. L. A. Owen, Am. Geologist 33, 1904, S. 223—228.
4. J. E. Todd, Pr. Jawa. Ac. Sc. XIII, 1906, S. 187 194.
5. B. Shimek, B. Laborat Nat. Hist. State Univ.—Jawa V, 1904, Pr. Jawa, Ac. Sc. XIV, 1907, S. 237—256.

läßt auch Upham[1]) für den amerikanischen Löß gelten. Sein Material ist durch Flüsse bei Hochwasser in einer Zeit ausgedehnter Eisschmelze geliefert worden und hat dann eine starke Umlagernng durch den Wind erfahren. Auch der Löß und die lößähnlicheu Ablagerungen Südamerikas sind mehrfach der Gegenstand interessanter Ausführungen an der Hand genauer Beobachtungen gewesen. Ja schon Alex. v. Humboldt soll, wie Tietze[2]) berichtet, eine eigentümliche Wahrnehmung gemacht haben, indem er in den Steppen von Caracas, obwohl die Luft rein und der Himmel tiefblau war, einen blassen, gelblichen Schein sah, der den Horizont einsäumte, einen Schein, der ohne Zweifel von der Menge des in der Luft schwebenden Sandes herrührte. Toula[3]) führt die gewaltigen lößähnlichen Ablagerungen der Pampas im südlichen Amerika auf äolischen Ursprung zurück, da sich Reste von merkwürdigen Säugetieren nachweisen lassen, die dem Diluvium zuzureihen sind, wie z. B. Mylodon (etwa so groß wie ein Flußpferd), Glyptodon (fast 3 m hoch und über 3 m lang). Auch Lasaulx[4]) weist dem Löß in den Pampas der Argentinischen Republik eine subaerische Entstehung zu. Das Terrain der Pampas besteht aus einer äußerst feinen, tonigsandigen, vollkommen ungeschichteten Erde, einem Gebilde, welches auf das lange Bestehen eines trockenen Klimas und auf einen gleichen Zustand der Abflußlosigkeit hindeutet, wie er auch für die zentralasiatischen Länder von F. v. Richthofen trefflich nachgewiesen wurde.

Auch mit dem Löß in Persien und Turkestan haben sich die Geologen eingehend beschäftigt. Für die Entstehung in den dortigen Gegenden durch Wasser tritt, wie schon früher erwähnt, vor allem Pawlow ein, indem er das spülende Wasser mit seinen Mineralpartikelchen, die von den umgebenden Gebirgen durch gelegentliche Regengüsse herabgeschwemmt werden, beladen läßt. Das Wasser verdunstet dann rasch in der Ebene und verschwindet im Boden. Der Löß wäre demnach also zwar eine subaerische, aber keine äolische Bildung, ein Abschwemmungsprodukt. Er steht in Turkestan tatsächlich in engster Beziehung zu den benachbarten Gebirgen. Bei Samarkand kann man z. B. sehen, wie er aus dem verwitterten Granit der Umgegend herrührt. Also wäre hier eine Grundlage für Pawlows Ansicht gegeben. Auch Iwtschenko[5]) kommt auf Grund seiner Beobachtungen in Turkestan zu dem Schluß, daß eine Schichtung des Lösses bei äolischen Ablagerungen auch ohne Mitwirkung des Wassers

---

1. W. Upham, Am. Geologist 31, 1903, S. 25—34.
2. E. Tietze, Entstehung der Salzlager und Salzsteppen. (Jahrbuch d. k. k. geolog. R. A., Wien 1877, Bd. 27.)
3. Toula, Lehrbuch d. Geologie, Wien 1900, S. 125.
4. A. Lasaulx, Die Atmospäre und ihre geolog. Bedeutung, (Handwörterbuch der Geologie, Breslau 1882, Bd. I, S. 76).
5. A. Iwtschenko Am. Geolog., Min. Russ. X, 1906, S. 18—19.

allein unter dem Einfluß der Bestrahlung durch die Sonne zustande kommen könne, also der Mangel an Schichtung noch kein zwingender Grund für eine äolische Bildung sein müsse.

Zu den lößähnlichen Ablagerungen,[1] die vor allem auch darin mit dem Löß übereinstimmen, daß sie auch eine hohe Fruchtbarkeit aufweisen, gehört das Tschernosem, die russische Schwarzerde, im mittleren und südlichen Rußland sowie im südwestlichen Sibirien, die durch Humusabscheidungen schwarz gefärbt ist. Der Name Schwarzerde trifft eigentlich nur für die Oberfläche zu; denn in der Tiefe weicht diese Farbe der natürlichen Lößpigmentierung. Die beste Schrift über Tschernosem hat in russischer Sprache Kostytscheff[2]) und neuerdings auch Obrutschew herausgegeben.

Über die Entstehung des Tschernosem, das sich durch reichen Humusgehalt auszeichnet, sind die Meinungen wie über den Löß noch geteilt. F. v. Richthofen[3]) betrachtet es als Abart des Lösses, d. h. als äolische Ablagerung, welche die intensive Humifizierung ihrer oberen Schichten dem Eiufluß äolischer Bedingungen verdankt. Die russische Schwarzerde oder das Tschernosem, das ein weites Gebiet vom Pruth bis zur Wolga in einer Mächtigkeit von 1—20 m bedeckt und auch im westlichen Sibirien wieder auftritt, wird von seinem ausgezeichnetsten Kenner Dokutschajew[4]) für eine Eluvialbildung erklärt, entstanden durch die Verwitterung der darunter liegenden Urgesteine. Schon Bischoff,[5]) der sich wieder auf Murchison[6]) bezieht, betrachtet das Tschernosem ebenfalls als einen Absatz aus Gewässern. Wegen seiner Ausdehnung und Gleichförmigkeit in Farbe und Zusammensetzung ist es ohne seinesgleichen. Es unterscheidet sich vom Löß nur dadurch, daß es nicht so viele Karbonate und fast keine Flußüberreste enthält, während letzterer mit vollkommen erhaltenen Land- und Süßwassermuscheln erfüllt ist. Dieser Ansicht der Entstehung durch Wasser stehen auch hier wieder Einwände von Geologen gegenüber, die der äolischen Bildung das Wort reden. So nimmt schon H. Credner,[7]) der zwar nicht näher auf die Entstehung eingeht, einen äolischen Ursprung an, da er das Tschernosem einen durch Humus schwarz gefärbten Löß nennt, für letzteren aber das Anwehen durch Wind verteidigt. Auch G. Schönberg[8]) tritt für eine äolische Bildung des Tschernosem ein, indem er in

1. S. Günther, Handbuch d. Physik, Stuttgart 1899 Bd. II, S. 884.
2. A. Kostytscheff, Forschungen der Agrikulturphysik, xII, S. 76 und XIV, S. 261.
3. F. v. Richthofen, China II, S. 765 und Führer f. Forschungsreisende, S. 484.
4. W. Dokutschajew, Die russische Schwarzerde, Petersburg 1883.
5. G. Bischoff, Lehrbuch der Geologie, Bonn 1885.
6. A. Murchison, The Geology of Russia 1845, V, 1.
7. H. Credner, Elemente der Geologie, Leipzig 1883.
8. G. Schönberg, Metereol, Bl. XIX, 1909 (russ.) [Geogr. Jahrbuch, Bd. XXXV, 1912, S. 126].

den Pomachas, den Staubnebeln des südöstlichen Rußlands, die aus dem transkaspischen Gebiet kommen, die Ursache des Tschernosem sieht. Die fast völlige Gleichheit zwischen Löß und Tschernosem geht auch daraus hervor, daß der Russe P. K. Jawersky[1]) auf seinen Forschungsreisen die Wahrnehmung machte, daß der Löß im Minussinskischen Becken an seiner Oberfläche in 40—80 cm mächtige Schwarzerde übergeht, ein Umstand, dem die dortige Gegend ihre große Fruchtbarkeit verdankt. Diese Feststellung ist auch eine Bestätigung der Auffassung F. v. Richthofens über die Entstehung der Schwarzerde. Ramann[2]) nun, der einer der besten Kenner von Bodenarten ist und auch eine, wie früher erwähnt, treffende Erklärung für die Entstehung des Lösses gegeben hat, kommt auf das Tschernosem in seinem Werk „Bodenkunde" zu sprechen und führt unter Berufung auf Kostytscheff aus: „Alle ariden Gebiete (Osteuropa, Mittel- und Ostasien, die zentralen Teile Nordamerikas und die Pampas Südamerikas) haben Böden vom Charakter des Lösses. Je nach dem Grade der Auslaugung wechselt der Gehalt der ariden oder Steppenböden an Salzen (Karbonate, Sulfate, Chloride). Humusbildung erfolgt ausgiebig nur in Gegenden mit kaltem Winter; die Schwarzerden sind dann die herrschenden Bodenarten." Sie bilden den Boden der Steppe, welche überwiegend mit Stipa pennata bedeckt ist; sparsamer finden sich Stipa capillata, Festuca ovina, Köhleria cristata, Caragena fructescens, in den kirgisischen Steppen überwiegt Stipa capillata und Elymus junceus Finck. Der Boden besteht aus sehr feinkörnigen Mineralteilchen, die in ihren Eigenschaften am meisten dem Löß entsprechen, enthält aber reichlich humose Stoffe beigemischt (von 4—15 %). Diese Stoffe sind aus der Zersetzung der abgestorbenen Steppenpflanzen, besonders der Wurzeln der Steppengräser, hervorgegangen. Sie bilden mit den Mineralteilen des Bodens einheitliche Massen und tragen den Charakter chemischer Ausfällungen. Ramann[3]) führt nun die Entstehungsweise der Schwarzerde wie des Lösses auf Verwitterung und Wind zurück. Er stellt für all diese Bodenarten den Satz obenan „Die Hauptprodukte der Verwitterung sind sehr feinsandige Böden, deren ausgesprochenste Vertreter der Löß und die Schwarzerde sind. Im engsten Zusammenhang mit der Lößbildung durch Wind steht die Schwarzerde und die Bildung ähnlicher Bodenarten, welche als mit humosen Stoffen gemischter Löß zu betrachten sind." Soweit bisher Untersuchungen vorliegen, sind also zum Tschernosem und zu den Lößbildungen auch die Prärien Nordamerikas und die Pampas Südamerikas, von denen schon die Rede war, zu rechnen. Dazu gezählt müssen ferner werden die

1. P. K. Jawersky, Geolog. Forschungen im nordöstlichen Teil des Minussinsker Gebietes, (Gorny Journ. IV, 1894, S. 252—55).
2. E. Ramann, Bodenkunde Berlin 1899, S. 199.
3. E. Ramann, Forstl. Bodenkunde, S. 604.

merkwürdigen Böden, dem Tschernosem gleich, von Braunschweig und Magdeburg. Man kann nämlich nicht annehmen, daß es Reliktenböden der nachdiluvialen Steppenzeit sind; denn die Humusstoffe dieser hervorragenden Ackerböden müßten längst wesentlich vermindert sein, wenn nicht klimatische Bodenverhältnisse fortgesetzt ihre Neubildung begünstigten. Auch die Böden Rumäniens und zum Teil Ungarns sind in den Tieflagen Schwarzerde. Ebenso dürften die Hannaböden Mährens, die auch in Böhmen ziemliche Verbreitung besitzen, zu den Schwarzerden gerechnet werden. Auffällig ist das Auftreten von Schwarzerden in Andalusien, eine Bodenbildung, die in ähnlicher Weise, aber in größerer Ausdehnung unter dem Namen Tirsboden sich in Marokko findet. Mit all diesen eben genannten Bodenarten kann auch eine solche Indiens, die unter dem Namen „Regur" bekannt ist, verglichen werden.

Über den indischen Regur (Cottonsoil, weil er der beste Boden in Indien für Baumwollpflanzungen ist), sind die Ansichten in Bezug auf seine Entstehung sehr geteilt. Ramann[1]) zählt ihn zu den ariden Böden Indiens. Er gleicht den echten Schwarzerden[2]), hat aber eine ganz andere Bildungsweise. Er ist ein tiefgründiger, durch Humus schwarz gefärbter Boden, der vielfach Kalkkonkretionen einschließt und von konkretionären Kalkschichten unterlagert wird. Hilgard[3]) vergleicht den Regur, der namentlich in den Hochlagen Südindiens weite Verbreitung besitzt, mit dem Boden der subtropischen Prärien der Südstaaten Nordamerikas und besonders mit der „black Adobe" in Kalifornien. Supan[4]) erklärt den indischen Regur oder die indische Schwarzerde, die nahezu ein Drittel des Bodens einnimmt, als eine Eluvialbildung, entstanden durch die Verwitterung der darunter liegenden Urgesteine, also eine Entstehungsweise, wie sie Dokutschajew für die russische Schwarzerde annimmt. Andere indische Geologen halten diesen Boden für eine Süßwasserablagerung, indem sie darauf hinweisen, daß auch jetzt noch zahllose Sümpfe und Wasserlachen die östlichen Küstenebenen, besonders im Süden, bedecken.

Ob nun die Böden der Prärien Nordamerikas, der Pampas Südamerikas, ob die russische Schwarzerde und der indische Regur durch Wasser oder Wind entstanden sind, diese Frage scheint nach fachmännischem Urteil darin ihre Lösung zu finden, daß zuerst nachgewiesen wird, ob ein inniger Zusammenhang mit dem Löß oder lößähnlichen Bildungen besteht. Haben wir es mit lößähnlichen Ablagerungen zu tun, so sind auch für diese Bodenarten die gleichen Voraussetzungen zum Teil gegeben. Allerdings in den meisten Fällen

1. E. Ramann, Bodenkunde, 1911, S. 542, 603.
2. Ebenda, S. 535.
3. E. W. Hilgard, Soils, New York 1901.
4. A. Supan, Grundzüge der physikal. Erdkunde, Leipzig 1911, S. 582.

zum Teil; denn bei der Bildung dieser Böden haben die klimatischen und faunistischen Verhältnisse sicher eine große Rolle gespielt; ferner dürfte gerade hier der Satz F. v. Richthofens sehr zutreffend sein, daß nicht immer gleichartige Gebilde in derselben Weise entstanden sein müssen. Nach F. v. Richthofens Ansicht kann die Entstehung des Lösses und lößähnlicher Bildungen sowohl in Europa als auch in anderen Ländern und Erdteilen ganz verschieden vor sich gegangen sein. Die beiden Hauptfaktoren bei dieser Bildung, Wind und Wasser, haben demnach, das eine Mal das Wasser, das andere Mal der Wind, mehr oder weniger mitgewirkt. Daß in Europa und Asien der Wind mehr Anteil gehabt hat, dürfte sich aus der Tatsache ergeben, daß heute eine große Zahl von Geologen und Forschern den Wind als Hauptfaktor bei der Entstehung des Lösses ansehen und daß immer wieder neues Beweismaterial für diese Entstehungsweise gebracht wird.

„Unserer historischen Zeit[1]) ging eine Periode voraus, in der die mittlere Jahrestemperatur um etwa 2° höher war als jetzt. Das wird ersichtlich aus der damaligen Verbreitung der Haselnuß und der Wassernuß (Trapa natans), von denen man fossile Nüsse an Stellen findet, wo beide Pflanzen wegen der Klimaverschlechterung heute nicht leben können. Vor dieser Zeit war die Eiszeit, [von dieser weiß man nun, daß sie die Bewohner des nördlichen Europas aus ihren alten Wohnplätzen vertrieb, wofür viele Anzeichen sprechen] die in mehrere Abschnitte geteilt war, die von Intervallen mit milderem trockenem Klima, sogenannten Interglazialzeiten unterbrochen wurde.“ Wenn wir nun für Mitteleuropa ein solch trockenes Klima annehmen, wenn wir den Löß als eine durch den Wind zusammengewehte Anhäufung der feinsten, bei der Verwitterung der Gesteine entstehenden Partikelchen ansehen, so stimmt das mit den früher angeführten Gründen einer äolischen Bildung überein. Daß Mitteleuropa tatsächlich in der Eiszeit ein trockenes Klima hatte, daß die Niederschläge damals nicht derart reichlich gewesen zu sein scheinen, daß vielmehr die Bildung von mäßig großen Stauseen zur Unterbringung der vom Eise kommenden Wassermengen in vielen Gegenden und für viele Zeiträume genügt haben muß, geht aus der Tatsache hervor, daß die Lößablagerungen, zu deren Zustandekommen auf jeden Fall das Vorhandensein eines unbewachsenen Abwehungsgebietes, das Wehen trockener, bestimmter Winde, und eine waldlose, nur lückenhaft bewachsene Auffangsfläche gehören, sich hauptsächlich in der südlichen Randzone des nordeuropäischen Vereisungsgebietes und im Randgebiet der alpinen Vergletscherung entwickelt haben. Auch im südlichen Rußland, wo sie ihre größte Stärke erreichen, folgen sie genau der Grenze des Vergletscherungseises. In jener verhältnismäßig trockenen Zeit fegten auf dem Kontinent regelmäßige, jahreszeitliche Staubstürme das

1. Svante Arrhenius, Das Werden der Welten, Leipzig 1909, S. 48.

feine, durch keine genügende Pflanzendecke befestigte Bodenmaterial aus den Schotterbänken, Endmoränen und den öden Vorlandgebieten. Das unbewegliche Steingeröll wurde durch den Sandschliff mit eigentümlichen Kanten versehen und der Staub selber lagerte sich im Windschatten an den Hügelflanken oder als gleichmäßige Decke auf der Ebene ab. Am vollständigsten geschah die Ablagerung unter und zwischen einer Rasendecke. Hier konnte die Anwehung in gleichmäßiger Mächtigkeit erfolgen und sich weit erstrecken. Es ist daher charakteristisch für den Löß, daß er als Decke am unterliegenden Gestein auflagert und in seiner Verbreitung von der Ortslage nur dort abhängig ist, wo mit der Änderung der Höhenlage auch Änderungen der Verwitterungsbedingungen gegeben sind. Für die Bildung durch Staubstürme und Graswuchs kann als stichhaltiger Beweis, abgesehen von dem Vorkommen in allen Höhenlagen und der einseitigen Verteilung an und auf den Talgehängen, das ausschließliche Vorhandensein von Überresten von Landsäugetieren und das Fehlen von Wasserbewohnern angeführt werden. Außer dem durch alleiniges Vorkommen der Landschnecken und Landsäugetiere gekennzeichneten Höhenlöß findet sich allerdings auch ein schichtenförmig abgelagerter Löß, der neben den Land-, auch Süßwassermollusken enthält. Dies gilt namentlich vom Rheinlöß. Das schichtenweise Auftreten braucht man aber absolut nicht aus Hochfluten zu erklären, denn dann müßte sich auch der petrographische Charakter des Lösses geändert haben, was nicht der Fall ist. Das Vorkommen von Süßwassermollusken erklärt sich daraus, daß der Höhenlöß ein Abschwemmungsprodukt wurde, daß also das Regenwasser den Löß von den Abhängen in die Ebene hinabführte und er so zum zweitenmal abgelagert wurde. Das Ausgangsmaterial für alle mitteldeutschen Lößbildungen dürfte der aus Gletscherschuttablagerungen entstandene norddeutsche Geschiebemergel sein, jene tonigsandige, ungeschichtet kalkhaltige Masse, die einer starken Aufarbeitung durch Wind verfiel. Dieser Löß beherbergt die Reste zahlreicher, zum Teil hochnordischer Tundrenbewohner, so z. B. Halsbandlemming, Ziesel, Schneehasen, Vielfraß, Eisfuß und Ren. Daneben kommen aber in ihm viele kleinere und größere Säugetiere vor, die sich auch in den Kiesterrassen der großen Randtäler der letzten Vereisung finden und keineswegs sämtliche Steppenbewohner gewesen sind. Dazu gehört das Eichhörnchen, der Elch und der Rothirsch. Diese letzten Überreste sind besonders häufig im Löß zwischen Donau und Alpen, wie wir später noch sehen werden. Was die im Löß vorkommenden, eigenartig gebildeten Lößkindel, Mergelkonkretionen, betrifft, so ist ihre Bildung als eine Funktion klimatischer Verhältnisse anzusehen. Ein wichtiges, wohl einzig zuverlässiges Mittel, um den Löß in Bezug auf seine Entstehung unterscheiden zu können, sind Schlämmanalysen. Wenn Lößproben aus verschiedenen Lagen eines eng begrenzten Raumes durch Schwämmen analysiert werden, so macht man die Beobachtung, daß die Schlämmrückstände in den meisten Fällen ein ziemlich gleichartiges

Bild geben. Der Löß in Europa also, vor allem in Deutschland, der sich aus einer fossilen Fauna aus nordischen, alpinen und hochasiatischen Elementen zusammensetzt, dürfte also mit wenigen Ausnahmen aus dem verwehtem Schlamm der glazialen Schmelzwasser entstanden sein und zwar zu einer Zeit, wo in Europa, vorab in Mittel-Europa, ein trocken-kaltes-eiszeitliches Klima herrschte. Er ist also ein Verwitterungs- und Anwehungsprodukt.

Der Boden zwischen Donau und Alpen einerseits, zwischen Iller und Inn anderseits, beherbergt in großer Menge Gehäuse von Muscheln und Schnecken, Knochenüberreste von Amphibien, Vögeln und Säugetieren, in geringerer Anzahl Pflanzenteile. Unter den Säugetieren sind es vor allem Mammut, Elch, Hirsch und Nagetiere. Alle diese Überreste kommen nun in Schwaben vor allem in Sand, Kies, Mergel und Löß eingebettet vor. Für einzelne Gebiete sind mächtige Lößablagerungen geradezu charakteristisch. Südlich der Donau und östlich vom untersten Lechtal liegen auf der hügeligen Landschaft, wo sich die diluvialen Gerölle und Nagelfluh als Decke ausbreiten, dichte Lößschichten. Westlich vom Lech in den von Süden nach Norden gerichteten Tälern treffen wir Nagelfluh, Hoch- und Niederterrassenschotter, auf den Gehängen Löß, tiefer in den Talrändern Lößlehm, sicherlich nur eine Umlagerung oder Abschwemmung von Löß. Obwohl im unterbayrischen Hügelland diluviale Gerölle fehlen und auch höher gelegenen Kiesterrassen, mit Ausnahme im Donautal, selten auftreten, trifft man überall auf der nordwestlichen Seite der Täler an den tiefen Gehängerändern, wie an der Paar, Ilm, Abens, großen und kleinen Laber, Löß und lößähnliche Absätze. Die Donauebene von Regensburg bis Vilshofen hat Lößboden bis zu 5 m Tiefe. Er findet sich in größter Ausdehnung in der Talweite von Regensburg, wo er über Geröll lagert. Er zieht ins große Labertal hinein und steigt empor auf die Höhen von Abensberg. Er bringt der großen Straubinger Ebene mit ihren weiten Feldern die hohe Fruchtbarkeit. Er dehnt sich weiter aus an den höheren Stellen des Donautales und seiner Ränder fast ununterbrochen über die Isar hinaus bis zur Donauenge bei Vilshofen. Die nördliche Fortsetzung erstreckt sich über Landshut und Erding bis nach Dorfen und Schwaben östlich und südöstlich, bis München und Dachau südlich und südwestlich. Seltener findet man Löß auf den Gehängen der hochgelegenen Talterrassen, wie z. B. im Illertal bei Niederrieden, auf der Ebene zwischen Stetten und Rieden, an der Günz bis herüber nach Ungerhausen. Mächtiger sind die Lager wieder bei Leipheim, Günzburg, Offingen, Dillingen und Lauingen. Meine Untersuchungen verschiedener Bodenproben aus der Umgegend von Memmingen haben zu dem Ergebnis geführt, daß wir es hier schon mit eigentlichem Lehm, nicht Lößlehm, zu tun haben. Im allgemeinen ist der Unterschied zwischen Löß und Lößlehm nicht unschwer zu erkennen. Eine auffällige Verschiedenheit zeigt sich nur im geringen Kalkgehalt des Lößlehms, während der Löß 30—35 % Kalk enthält.

Schneckenschalen, das charakteristische Merkmal des Lösses, kommen im Lößlehm vereinzelt vor. Auch sind die Quarzteile im Lößlehm mehr abgerundet, was auf eine weite, aber langsame Bewegung des Materials hinweist. Die Quarzteile des Lösses sind dagegen kantig, nach der fluviatilen Entstehungsweise, weil sie durch rasche Flutwellen abgerundet und mitgerissen wurden, nach der äolischen Entstehungsart, weil der Wind sie abgeschliffen und nicht fortgeschoben, wie es beim Lehm der Fall ist, sondern fortgetragen hat. Große Verschiedenheiten können mit Ausnahme des Kalkgehaltes nicht vorhanden sein, da ja der Lößlehm nur eine Verwitterungsform des Lösses ist. Dagegen scheint der reine Lehm, der sogenannte Blocklehm, in dem Lagen von Sand, von Geröllen, auch zuweilen größere Geschiebe auftreten, mit Löß nichts gemein zu haben. In den meisten Fällen ist ja die Lehmdecke nicht so mächtig, daß nicht bei tiefer Pflügung die Eigenart des Lösses zum Ausdruck käme, also leicht zu entscheiden ist, ob man es mit Lößlehm oder Löß oder reinem Lehm zu tun hat.

Wenn nun von diesen Gesteinsarten in ihrer jetzigen Lagerung die Rede ist, so darf vor allem die Frage nach ihrer Entstehung nicht außer acht gelassen werden. Der erste und nächstliegende Gedanke bei der Bildung von Sedimenten ist stets derjenige vom Niederschlag, bezw. vom Transport durch Wasser, sei es in Gestalt von Strömen oder in großen Binnenseen. Was nun die Entstehung des reinen Lehmes betrifft, so herrscht kein Zweifel, daß er ein vom Wasser an seinen jetzigen Ort geschwemmtes Material ist. Dagegen dürften bei der Entstehung des Lösses, bezw. Lößlehmes, doch auch andere Faktoren außer dem Wasser allein im Spiel gewesen sein. Während die Mehrzahl der Forscher heute dem Winde bei der Bildung des Lösses im Norddeutschen Flachlande die Hauptrolle zuteilen, neigen die Geologen, die Untersuchungen im Löß zwischen Donau und Alpen angestellt haben, zu der Ansicht, daß nur Wasser diese Lößablagerungen bewirkt habe. So hat bekanntlich C. W. v. Gümbel,[1]) ein gründlicher Kenner der bayerischen Bodenverhältnisse, die Anschauung vertreten, daß von der Südflanke des Bayerischen Waldes, wie aus gewissen geologischen Eigenschaften des Bayerischen Hochlandes zu schließen sei, ein mächtiges Urgebirge sich südlich der Donau bis zum Schwarzwald gezogen habe. Dieses Gebirge sei allmählich in einem großen Süßwassersee, der das schwäbisch-bayerische Hochland vom Fuß der Alpen bis zum Südende des heutigen Jura bedeckte, versunken, von den Wogen des Sees zertrümmert und zerkleinert worden. Auf dieser Zertrümmerung habe dann eine Ablagerung des Gletscherschlammes der Alpen stattgefunden. Zu diesen durch Flüsse transportierten Gesteinen habe auch der Löß gehört. Als nämlich die Gletscher infolge klimatischer Veränderungen sich zurückzogen, entwickelte sich auf dem vom Eis befreiten Alpen-

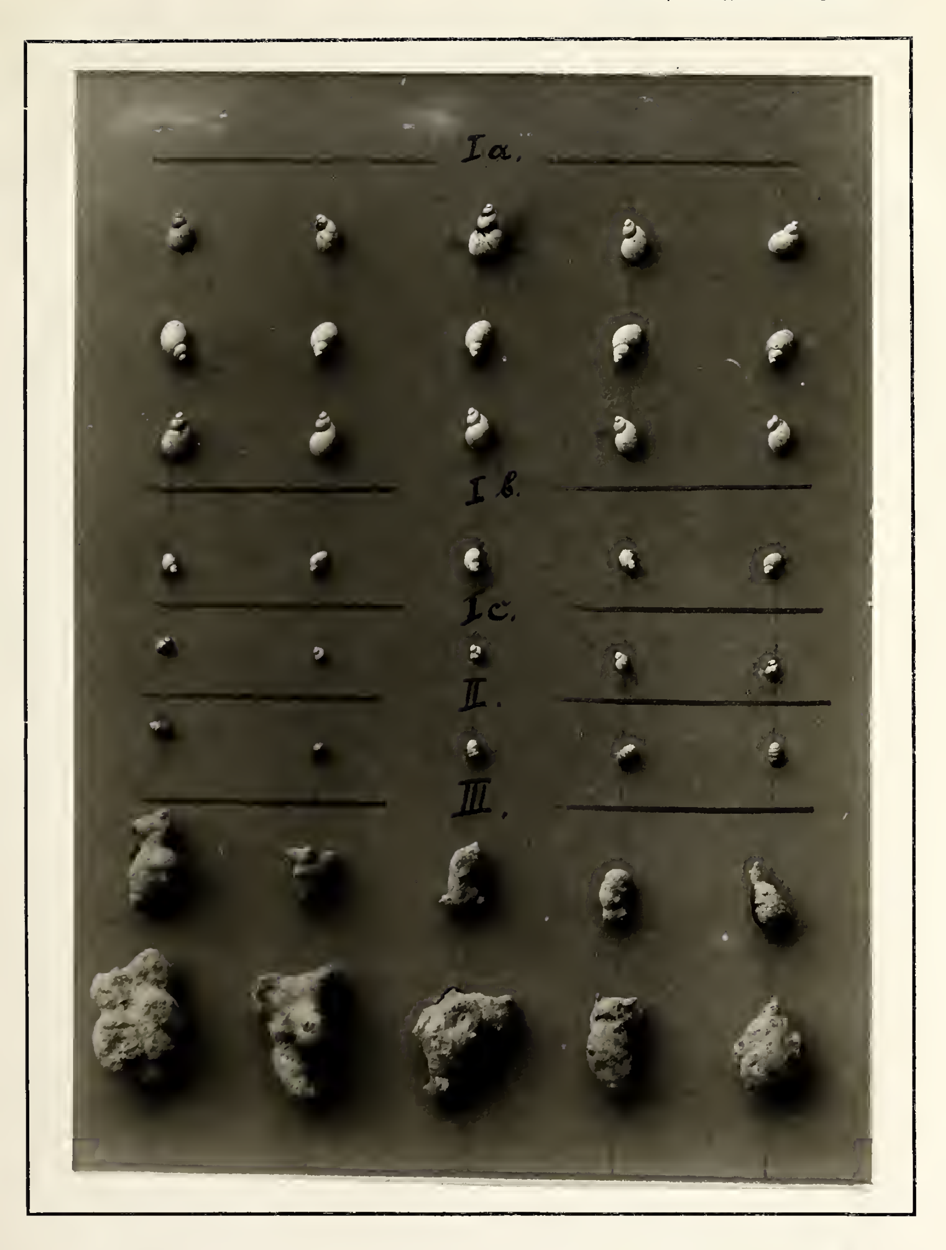
1. C. W. v. Gümbel, Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges, Gotha 1861, S. 795.

vorland eine üppige Vegetation. Die von den abschmelzenden Gletschern gespeisten Flüsse trugen die Gesteinstrümmer über die Ebene, wobei die gröberen Teile früher liegen blieben, während die feinsten Teilchen viel weiter nördlich allmählich erst zum Absatz gelangten. Diese feinsten Teilchen sind die heute südlich der Donau liegenden Lößablagerungen. Nach dieser Auffassung müßten also von Zeit zu Zeit große Überschwemmungen der Flüsse den Löß über die im ausgefüllten Binnensee liegenden Gesteinsmassen getragen haben. Auch Fr. Rühl [1]) schließt sich der Auffassung v. Gümbels an und nennt den Löß einen mehr oder weniger im suspendierten Zustande transportierten Gletscherschlamm, der wieder durch Niederschlag zur Ablagerung kam. Daß der Löß unseres Gebietes durch Wasser in genannten Zustand versetzt worden sei, beweise seine Beschaffenheit, die Petrofakten und deren Lagerung. Auch die sogenannten Lößkindchen und Lößmännchen tragen nach seiner Ansicht den Stempel der schlammigen Gärung an sich. Allerdings läßt sich die Hypothese von dem Vorhandensein eines großen Binnensees oder wenigstens einzelner Tümpel erklären, wenn man bedenkt, daß die ganze Gegend, speziell bei Günzburg, auch heute noch Anzeichen solcher ehemaliger Tümpel an sich trägt. Die hohen Randstriche einzelner Teile, dann tiefe Einsenkungen und Buchtungen, die im Laufe der Jahrhunderte ausgefüllt wurden, sind allenthalben zu sehen. Wenn wir nun einen großen Binnensee annehmen, der nicht selten austrocknete, so kann die Tiefe nur eine geringe gewesen sein. Dann ist aber eine Verfrachtung durch Wasser undenkbar, da sofort eine Sondierung der leichteren und schwereren Bestandteile hätte stattfinden müssen, indem das gröbere Material an der Küste, das feinere im inneren Teil des Sees zum Niederschlag käme. Eine solche Trennung ist aber nirgends zu beobachten, da in Schwaben überall auf den Höhen Kies lagert und auf ihn dann an bestimmten Orten Löß folgt. Wenn man nun an den Transport in sehr breiten, vielfach sich verschiebenden Flußgebieten denkt, so spricht dagegen die auf weite Strecken manchmal gleichmäßige Ausbreitung des Lösses, welche auch in sehr langsam fließendem Gewässer undenkbar ist. Wenn F. Rühl nun sagt, daß die häufig vorkommenden Lößmännchen den Stempel schlammiger Gärung an sich tragen, so muß demgegenüber die Tatsache angeführt werden, daß alle Bestandteile des Lösses so seltsam abgerundete und geplättete Formen aufweisen, wie eben nur der sandbeladene Wind arbeiten kann. Auch die vielfach vorkommenden Schneckenschalen, wie Succinea oblonga, Pupa muscorum u. a. tragen sicher nicht den Stempel der Bearbeitung durch Wasser an sich; denn dieses würde die Schalen in viel stärkerem Maße zerstört haben, als es tatsächlich der Fall ist. Dann ist es doch höchst auffallend, daß nur Landschnecken vorkommen,

---

1. Fr. Rühl, Beiträge zur Kenntnis der tertiären und quartären Ablagerungen in Bayrisch-Schwaben. (XXXII. Bericht des Naturwissenschaftl. Vereins f. Schwaben und Neuburg, Cap. IX, S. 453.)

von denen behauptet werden kann, daß sie gerade trockenen Boden aufsuchen. Herr Realienlehrer Oberndorfer, der ein sehr guter Kenner der Lößschnecken ist und überhaupt den Löß in Günzburg und Umgebung genau durchsucht hat, war so liebenswürdig, mich nach Kräften zu unterstützen, so daß ich in den Besitz einiger Lößkonchylien gelangte. Sie scheinen zwar in wenig Arten, aber in ungeheurer Individuenzahl den Löß — auch Ziegelstadellehm genannt — im Donautale und weiter nach Süden zu durchsetzen. Die Artenarmut der Lößschnecken in dortiger Gegend drückt dem Gebiete einen öden Charakter auf. Der große Reichtum an Individuen dürfte einerseits durch die Feuchtigkeit des Bodens, anderseits durch den Kalkgehalt erklärt werden. Die Einschlüsse nun sind ganz verschieden, am reichsten ist die Lößschicht am westlichen Günztalabhang nördlich der Ulmerstraße nach Leipheim. Die Mächtigkeit der Schicht wechselt, in der Bayerschen Ziegelei in Günzburg beträgt sie ungefähr 3 m. Der Löß, den ich dieser Grube entnahm, enthält an Schneckenschalen Succinea oblonga, allerdings in großer Anzahl, pupa muscorum in geringerer Menge, aber schöne, gut erhaltene Stücke. (Siehe Abbildung I a, I b, I c, II.) Daß natürlich im ganzen dortigen Lößgebiet noch verschiedene andere Schneckenschalen vorkommen, geht aus der schon oben erwähnten Abhandlung von Fr. Rühl hervor. Auf jeden Fall ist aber Succinea oblonga die charakteristische Schnecke für dieses Gebiet. Wenn Herr Realienlehrer Oberndorfer im Löß von Günzburg an der Ziegelei der Leipheimer Straße ein Exemplar der Cicinna alpestris Blaurier fand, eine Schnecke, welche heute nur noch in den Alpenseen angetroffen wird, also eine reine Wasserschnecke ist, so kann trotzdem noch nicht behauptet werden, daß der Löß eben auch Wasserschnecken beherberge. Es ist nämlich nicht unwahrscheinlich, daß diese Schnecke durch irgend welchen Zufall, vielleicht durch einen Wasservogel, dorthin getragen wurde. Selbst wenn diese Valvata in mehreren Exemplaren gefunden würde, so überwiegt die Menge der vorkommenden Landschnecken doch bedeutend, so daß auch dann noch nicht vom Vorhandensein von Wasserschnecken überhaupt gesprochen werden kann. Sonst zeigte der von mir untersuchte Löß jene charakteristischen Merkmale, die ihm eben eigen sind. So fand ich bei der Schwämmung von 1200 g einige schöne Lößkindl (siehe Abbildung III). Diese Kalkknollen sind so abgeschliffen und zeigen so feine Spitzen und Zacken, daß diese Form nicht vom Wasser herrühren kann; denn dann müßten sie viel mehr abgestumpft sein und ein verwittertes Aussehen zeigen. Also kann von einer tropfsteinartigen Bildung — wie vielfach auch angenommen wird — dieser Knollen nicht die Rede sein. Nach meiner Ansicht stellen diese Lößmännchen eine Verbindung von kohlensaurem Kalk und Quarzkörnern dar, wie eine Untersuchung durch Zerschlagen leicht ergibt. Daß bei ihrer Entstehung bestimmte klimatische Verhältnisse mitgespielt haben, ergibt sich aus ihrer eigenartigen Bildung, ihrem gleichartigen Aussehen und gleichmäßigen Auftreten. Auch die



Ia. Succinea oblonga: Typische Form unseres Lösses. (Große Exemplare.)
Ib. Succinea oblonga: Mittlere Exemplare.
Ic. Succinea oblonga: Kleine Exemplare.
II. Pupa muscorum: Seltenere Art.
III. Lößkindel: Größere und kleinere Bildungen.



Untersuchung des Lösses aus der Günzburger Gegend in Bezug auf seinen Kalkgehalt, wobei mich Herr Kollege Dr. Wohlbold in anerkennenswerter Weise unterstützte, hat zu dem Ergebnis geführt, daß aus 4 verschiedenen Lößgruben (200 g) der Kalkgehalt keine wesentlichen Unterschiede aufwies. Er beträgt durchschnittlich 23,75 %. So viel ich weiß, ist der Löß der Günzburger Gegend zum ersten Mal auf seinen Kalkgehalt untersucht worden. Die Schneckenschalen, ausschließlich von Landschnecken, die eigenartig geformten Lößkindchen haben auf mich den Eindruck gemacht, daß hier in nicht zu unterschätzendem Maße der Wind mitgearbeitet hat. Abgesehen nun von diesen charakteristischen Merkmalen im Löß selbst sprechen auch verschiedene Umstände in Bezug auf den Ort seiner Ablagerung für eine Mitwirkung des Windes. Wer am Ostrande der Terrassen der einzelnen Flüsse gegen Süden wandert und aufmerksam die regelmäßigen schwachen Hügelwellen der Lößtafel betrachtet, zwischen denen flache Muldentäler eingesenkt sind, und wer die scharf aufgerissenen Talschluchten der Flüsse damit vergleicht, durch welche Lößlandschaften in so auffälliger Weise sich auszeichnen, der muß zu der Annahme kommen, daß in diesen Gegenden nicht das Wasser allein die Arbeit verrichtet hat, sondern daß auch der Wind wesentlich dazu beigetragen hat. Auch die ungleiche Bildung in den Nebentälern spricht für die äolische Art der Ablagerung der Lößgebilde; denn der eine Hang ist steiler und zeigt das anstehende Gestein unverhüllt oder nur von induziertem diluvialem Geröll bedeckt, während der andere flacher und in tiefgründigem Löß oder Lößlehm begraben ist. Diese Erscheinung läßt sich aber nur durch Arbeit des Windes erklären. Wenn wir nun für das Norddeutsche Flachland ein Steppenklima annehmen, aus der Tatsache, daß dort Überreste von Tieren gefunden wurden, die nur in der Steppe gelebt haben, so kann das gleiche Klima auch für die Gegend zwischen Donau und Alpen angenommen werden; denn auch in dieser Gegend sind schon öfters Funde von solchen ehemaligen Steppentieren gemacht worden. So finden sich im Museum in Günzburg einige schöne Exemplare von Mammutzähnen aus dem Löß der dortigen Gegend. Die über ganz Nordschwaben verbreiteten, ungeschichteten Lößlager sind nun ihrer Struktur wie ihrer Lagerung nach Ablagerungen des trockenen Steppenklimas während der Diluvialperiode. Schon während der Eiszeit wurden die schon vorhandenen Alpentäler der Salzach, des Inns, der Isar, des Leches, der Iller und des Rheines mit mächtigen Strömen von Gletschereis überflutet, das in das Alpenvorland sich ausdehnte. Die Spuren alter Moränenwälle lassen erkennen, daß die Verbreitungsgrenze der damaligen Gletscherbedeckung in einer gewundenen Linie sich von Burghausen über Landsberg, Kaufbeuren, Dietmannsried nach Biberach erstreckte. Als die Gletscher infolge des eintretenden trockenen Klimas sich zurückzogen und die im nördlichen Schwaben allenthalben sich vorfindenden Tümpel austrockneten, trugen die von den abschmelzenden Gletschern

gespeisten Flüsse die Gesteinstrümmer in die Ebene. Die gröberen Teile blieben nun früher liegen, die feineren, tonigen wurden rasch aufgetrocknet und Staubwinde häuften nun im Windschatten der Berge und Hügel diese gelben, kalkhaltigen Lehmstaublager oft in einer Mächtigkeit von 5 m an. Gelegentlich finden wir darin die unzweifelhaften Reste von Steppentieren, von wilden Pferden, Elchen, Mammutzähnen und anderen Bewohnern eines trockenen Klimas. Wenn aber nun der Wind diese Lehmmassen abgelagert hat, so müssen wir uns fragen, woher er diesen Löß genommen hat. Sowohl die Alpen als auch der Jura sind kalkreiche Gebirge. Die mit Eis bedeckten gröberen und feineren Teile wurden durch das trockene Klima frei und diejenigen Bestandteile, die nicht in den Flüssen verfrachtet wurden, trug der Wind fort in die Ebene. Dort hatte infolge des wärmeren und trockenen Klimas bereits eine Steppenvegetation eingesetzt, an der sich diese feinen tonigen Lößteilchen halten konnten. In dieser Vegetation lebten auch die den Löß charakterisierenden Schneckeu, die bei gewaltig auftretenden Staubstürmen dann massenhaft ersticken. Auf die Steppenzeit folgte ein regenreicheres Klima, die Steppenfauna verschwand, Gehängeschutt ergoß sich teils über die Lößlager, teils bespülte der Regen die mit Löß bedeckten Berge und Hügel und führte ab und zu Löß tiefer ins Tal, wie überhaupt jetzt die Erosion des fließenden Wassers die vorwiegende Berg und Tal bildende Kraft wurde. Eine üppige Vegetation nahm Besitz von den wüsten Steppenflächen. Allüberall traten auf Bergen und in Tälern dichte Wälder auf und es entstand jene Mannigfaltigkeit der Landschaftsformen, die unserem Schwaben ein so wechselreiches Bild verleiht, Herz und Auge erfreut und mit lieblicher Anmut immer wieder aufs neue bezaubert.